REVUE
DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE ET D'ENTOMOLOGIE AGRICOLE
DE
FRANCE

TOME XXIX -- 1950

Bulletin trimestriel de la Société de Pathologie végétale et d'Entomologie agricole de France

SIÈGE SOCIAL : INSTITUT PASTEUR
25, RUE DU DOCTEUR-ROUX, PARIS (XV^e)

LIBRAIRIE LE FRANÇOIS
91, Bd SAINT-GERMAIN — PARIS (VI^e)

SOMMAIRE

CHEVAUGEON (J.) : Maladies du Manioc en Côte d'Ivoire, p. 3. — OUTIN (G.) : Le Pou de San-José en Allemagne occidentale, p. 10. — BALACHOWSKY (A.) : *Parlagena* nouveau du Beloutchistan, p. 17. — VIENNOT-BOURGIN (G.) : La mort des boutons de pivoines, p. 21. — BERNARD (F.) : Notes biologiques sur cinq fourmis méditerranéennes, p. 26. — GASSER (R.) et WIESMANN (R.) : Etude écologique et destruction du hanneton, p. 43. — DARPOUX (H.) et FAIVRE-AMIOT (A.) : Recherches sur les substances antibiotiques dans la lutte contre les maladies des plantes, p. 102. — *Bibliographie* : p. 115.

MALADIES CRYPTOGAMIQUES DU MANIOC EN COTE D'IVOIRE

I. — OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES SUR LA NÉCROSE DES SOMMITÉS

PAR

J. CHEVAUGEON

La nécrose des sommités est, en Côte d'Ivoire, après la lèpre ou mosaïque, la maladie du manioc la plus fréquente et la plus dommageable. Elle est répandue dans toute la zone de culture et, au moins en basse Côte, on peut l'observer en toutes saisons.

Dans le monde, le « *die back* » des branchettes a été signalé en Afrique, au Sierra Leone, aux Antilles, à Porto Rico, à Saint-Domingue, dans l'océan Indien, à Madagascar, à l'île Maurice et à la Réunion. Tous les auteurs reconnaissent pour responsable de ce désordre une Mélanconiacée décrite en 1903 par HENNINGS sous le nom de *Glœosporium manihotis*.

Ce parasite est également présent en Côte d'Ivoire, mais on rencontre le plus souvent une forme sétifère du type *Colletotrichum*, et occasionnellement, une forme parfaite commune aux deux types d'acervules.

Les premiers symptômes de nécrose apparaissent toujours sur de jeunes rameaux en voie de croissance et à quelque distance

du sommet, en général à une dizaine de centimètres. Ils s'étendent ensuite vers le bas et vers le haut, jusqu'au bourgeon terminal qui se flétrit. Le rameau perd rapidement sa chlorophylle, se ride, diminue de diamètre, se dessèche. Les feuilles tombent précocement et le bourgeon terminal meurt tandis que la limite inférieure de l'attaque est marquée par une mince ligne noire ou brun rougeâtre selon les variétés de manioc. Aucune de ces variétés ne paraît indemne.

Le parasite ouvre parfois la voie à des bactéries qui entraînent une pourriture humide, mais le plus souvent la nécrose demeure sèche; des agents secondaires interviennent ultérieurement et parachèvent la destruction du rameau : *Ophiobolus manihotis* Sydow, *Fusarium* de la section *gibbosum, Phoma* et *Rhabdospora sp.*

Expérimentalement, les premières fructifications du parasite apparaissent le huitième jour après l'inoculation. Les infections artificielles ont été réalisées, sur des rameaux détachés, avec une suspension dans l'eau de conidies en culture pure de *Colletotrichum* et de *Glœosporium* récemment isolés. Les rameaux ont été au préalable lavés à l'eau stérile pendant une heure, puis privés de leurs feuilles les plus développées. Ils sont disposés, sous cloche, dans un tube de Borrel empli d'eau, bouché au coton et stérilisé. La température est celle du laboratoire; elle a varié au cours de l'expérience entre 24° et 32°.

Les premiers acervules, au huitième jour, sont du type *Glœosporium*. Les périthèces sont apparents le trentième jour mais les asques ne sont pas encore parvenus à maturité.

Dans la nature la teinte des acervules de *Glœosporium* varie de blanc plus ou moins rosé à cannelle clair ou jaune orangé. Ils sont sensiblement hémisphériques ou un peu allongés et aplatis, parfois confluents, de diamètre compris entre 40 et 115 μ. Les spores sont hyalines, unicellulaires, ovoïdes, cylindriques-arrondies aux extrémités, ou déformées. Elles présentent souvent la trace de leur insertion. Prélevées sur un acervule rose, leur dimensions sont les suivantes :

$$15{,}0 \times 4{,}1. \text{ — } (11{,}2\text{-}18{,}5 \times 3{,}5\text{-}4{,}8)\ \mu;$$

les sporophores mesurent :

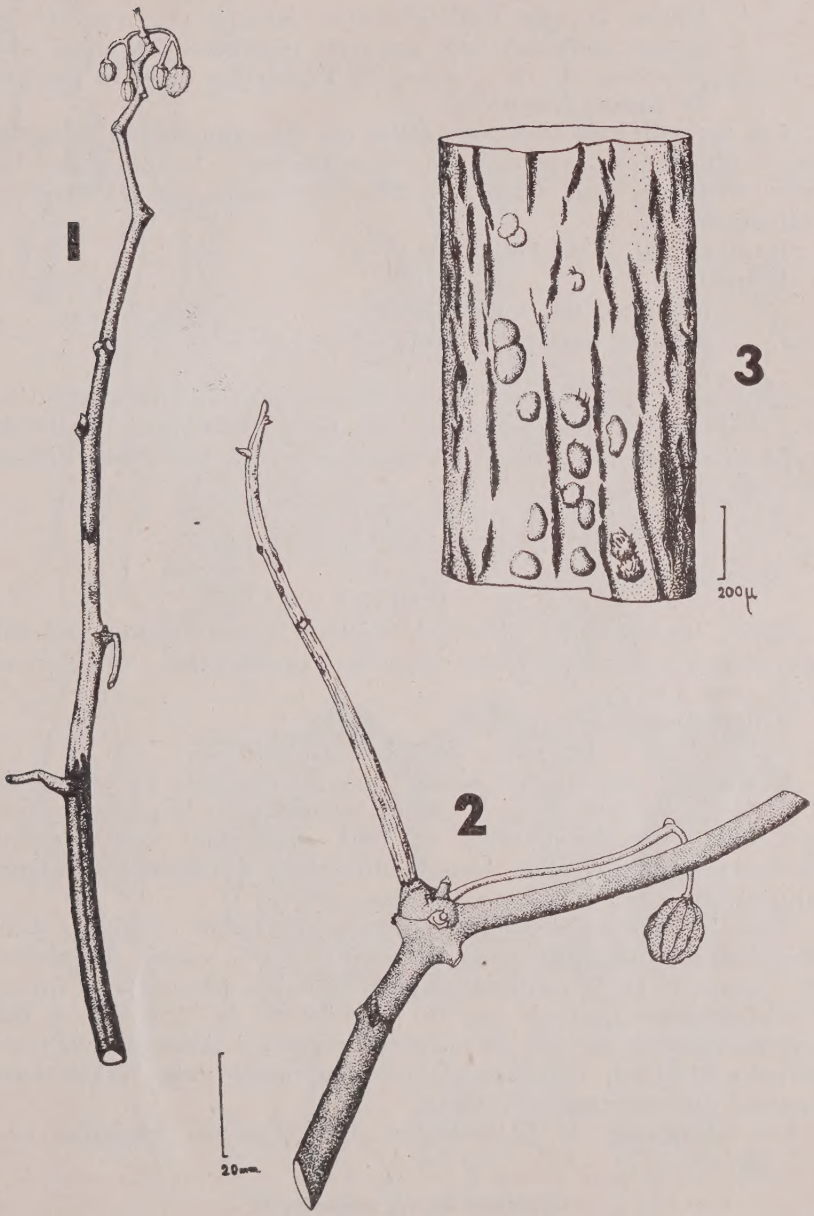
$$9{,}6\text{-}17{,}0 \times 4{,}4\text{-}7{,}0\ \mu$$

Ces caractères agréent avec la diagnose de *G. manihotis* découvert par Hennings.

Sur ces acervules glabres, en toutes saisons, mais surtout pendant les mois les moins humides, des soies apparaissent. On peut donc observer sur un même rameau :

— des acervules du type *Glœosporium;*

— des acervules portant une ou quelques soies;



1. Stade jeune de la nécrose. — 2. Stade final de l'attaque. — 3. Acervules des deux formes : *Gloeosporium* et *Colletotrichum*.

— des acervules richement ornés de soies, répondant parfaitement au type *Colletotrichum*. Mais le plus souvent, la forme *Colletotrichum* apparaît d'emblée; les soies sont présentes dès la rupture de l'épiderme sous la poussée du stroma fructifère.

Les acervules de *Colletrotrichum* ont des dimensions sensiblement plus élevées que celles de *Glœosporium* : les diamètres les plus fréquents sont voisins de 150 µ. Les soies ont les mesures suivantes :

Hauteur : 81. — (58-112) µ;

Diamètre :

à la base, 6,1. — (4,8-7,2) µ;

dans la région médiane, 4,8. — 4,4-5,4) µ;

à l'apex, 3,2-3,4 µ.

Elles ont 4 (2-6) cloisons et sont brunes, sauf à l'apex, hyalin ou de teinte claire. Les spores ont une forme identique à celle du type *Glœosporium*, mais il semble exister des variations biométriques importantes :

Adiopodoumé, nécrose des sommités :

$19{,}7 \times 6{,}7.$ — (13,6-24,1 × 4,0-7,6) µ

Abengourou, nécrose des sommités :

$16{,}0 \times 4{,}5.$ — (12,0-19,3 × 3,4-5,6) µ

Enfin, les acervules de *Colletotrichum* apparaissent aussi sur des chancres des tiges et des premières ramifications. Les dimensions sont alors :

Adiopodoumé, sur chancre :

$12{,}0 \times 5{,}0.$ — (8,2-14,6 × 4,0-5,7) µ.

L'ensemble de ces caractères s'accorde toutefois avec ceux de *Colletotrichum manihotis* Hennings, signalé pour la première fois au Brésil, sur des feuilles, en 1904, mais dont nous n'avons retrouvé aucune citation dans la littérature des quinze dernières années.

Tous les types d'acervules ont la même forme parfaite, obtenue d'abord fortuitement au laboratoire sur le milieu de culture de Czapek et sur un milieu au maïs gélosé, à partir d'une forme *Colletotrichum* prélevée sur un chancre de la tige. Elle a été ensuite récoltée sur une branchette nécrosée à Abengourou, Côte d'Ivoire (13.4.49), et retrouvée ultérieurement dans les stations éparses au voisinage d'Abidjan.

Les ascospores de l'échantillon d'Abengourou, inoculées sur

Légende de la planche II

1. Spores de *Colletotrichum manihotis* Hennings. — 2. Coupe transversale d'un acervule. — 3. Coupe transversale d'un groupe de périthèces de *Glomerella manihotis* nov. sp. — 4. Asque. — 5. Ascospores.

1
10µ
2
20µ
40µ
3
50µ
4
10µ
5

rameau détaché, ont permis d'obtenir les deux types d'acervules et, à partir du vingt-cinquième jour, de nouveaux périthèces. En culture sur le milieu de Czapek gélosé, les périthèces sont immergés dans un stroma lâche et présentent un col court. Leur diamètre varie entre 100 et 180 µ. Il n'y a pas de paraphyses. Les asques sont cylindriques, subsessiles, atténués au sommet :

$$49{,}6\text{-}69{,}5 \times 10{,}6\text{-}12{,}2\ \mu;$$

les ascospores sont hyalines, unicellulaires, un peu arquées :

$$15{,}0\text{-}20{,}9 \times 4{,}9\text{-}6{,}0\ \mu.$$

Sur l'échantillon collecté à Abengourou, les périthèces sont érumpents, groupés sur un stroma réduit reposant sur l'assise scléreuse de l'hôte, papilleux, globuleux-aplatis ou déformés par pression réciproque.

Diamètre : 84-160 µ.

Hauteur : 87-160 µ.

Diamètre intérieur du pore : 8-16 µ.

Pas de paraphyse. Les asques sont cylindriques, sessiles ou subsessiles :

$$64{,}4 \times 11{,}5. — (54{,}7\text{-}72{,}4 \times 9{,}8\text{-}14{,}4)\ \mu;$$

les ascospores sont hyalines, entières, droites ou plus ou moins arquées et dans ce cas à courbures dorsale et ventrale inégales, avec un maximum diamétrique dans la région médiane :

$$16{,}0 \times 4{,}9. — (14{,}0\text{-}19{,}4 \times 4{,}8\text{-}6{,}3)\ \mu.$$

Ces caractères sont ceux d'une Sphériale du genre *Glomerella*. Ce sont même des caractères très proches de ceux décrits par WARDLAW pour *Glomerella cingulata* (Ston.) Spauld et Schrenk. Toutefois, il ne nous a jamais été possible ni d'infecter la banane avec les agents de la nécrose du manioc, ni d'infecter le manioc à partir des spores de *Glœosporium musarum* Cke et Masse, forme imparfaite de *Glomerella cingulata*.

En résumé, la nécrose des rameaux du manioc, attribuée partout dans le monde à *Glœosporium manihotis* Hennings, est le plus souvent, en Côte d'Ivoire, le fait d'une forme sétifère identifiée à *Colletotrichum manihotis* Hennings. Sur support vivant et en culture, le passage spontané d'acervule glabre à acervule couvert de soies est un phénomène courant. Occasionnellement dans la nature et de façon constante au laboratoire, apparaît une forme parfaite pour laquelle nous proposons le nom de *Glomerella manihotis*.

(*Laboratoire de Pathologie végétale Institut Intercolonial de Recherche d'Adiopodoumé-Abidjan, Côte d'Ivoire.*)

BIBLIOGRAPHIE

Annual Report of the Agricultural Experiment Station, Rio Piedras (Puerto Rico, 1938-1939).

Botanical Division. — Investigation of plant diseases (*Ann. Rept. Dept. Agric. Mauritius for the year 1923*, pp. 10-11, 1924).

Bouriquet (G.). — Les maladies du manioc à Madagascar (*Rev. Path. et Ent. Agric.*, XIX, 8-9-10, pp. 290-297, 1 pl., 1932).

— Réunion : Plant parasites newly recorded in the Island (*Intern. Bull. of Plant Protect.*, VII, 6, p. 123, 1933).

Ciferri (R.) et Gonzalez Fragoso (R.). — Hongos parasitos y saprofitos de la Republica Dominicana, 5e série (*Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.*, XXVI, 4, pp. 248-258, 6 fig., 1926).

Deighton (F. C.). — Mycological Work (*Ann. Rept. Agric. Dept. Sierra Leone for the year 1930*, pp. 28-31, 1931).

— Mycological Work (*Ann. Rept. Agric. Dept. Sierra Leone for the year 1931*, pp. 20-25, 1932).

Gomez-Menor (O.). — Notas fitopatologicas (*Rev. Agric. S. Domingo*, XXVIII, 91, pp. 170-172, 3 fig., 1937).

Shepherd. — Botanical Division (*Ann. Rept. Mauritius Dept. of Agric. for the year 1926*, pp. 15-18, 1927).

Viegas (A. P.). — Alguns Fungos do Brasil. XII : Fungi Imperfecti-Melanconiales (*Bragantia, S. Paulo*, VI, 1, pp. 1-37, 11 pl., 2 fig., 1946).

Wardlaw (C. V.). — Diseases of the Banana (1945).

Wiehe (P. O.). — Division of Plant Pathology (*Rep. Dept. Agric. Mauritius*, 1943, pp. 9-10, 1944).

LE POU DE SAN JOSÉ
(*QUADRASPIDIOTUS PERNICIOSUS* COMST.)
EN ALLEMAGNE OCCIDENTALE

PAR

G. OUTIN

La présence du Pou de San José en Allemagne fut décelée pour la première fois au printemps 1946, sur *Ribes*, aux environs de HEIDELBERG, dans la zone américaine d'occupation. Des prospections immédiates et très minutieuses permirent de constater que la Cochenille avait déjà infesté les cultures fruitières d'une partie importante de la rive droite du Rhin.

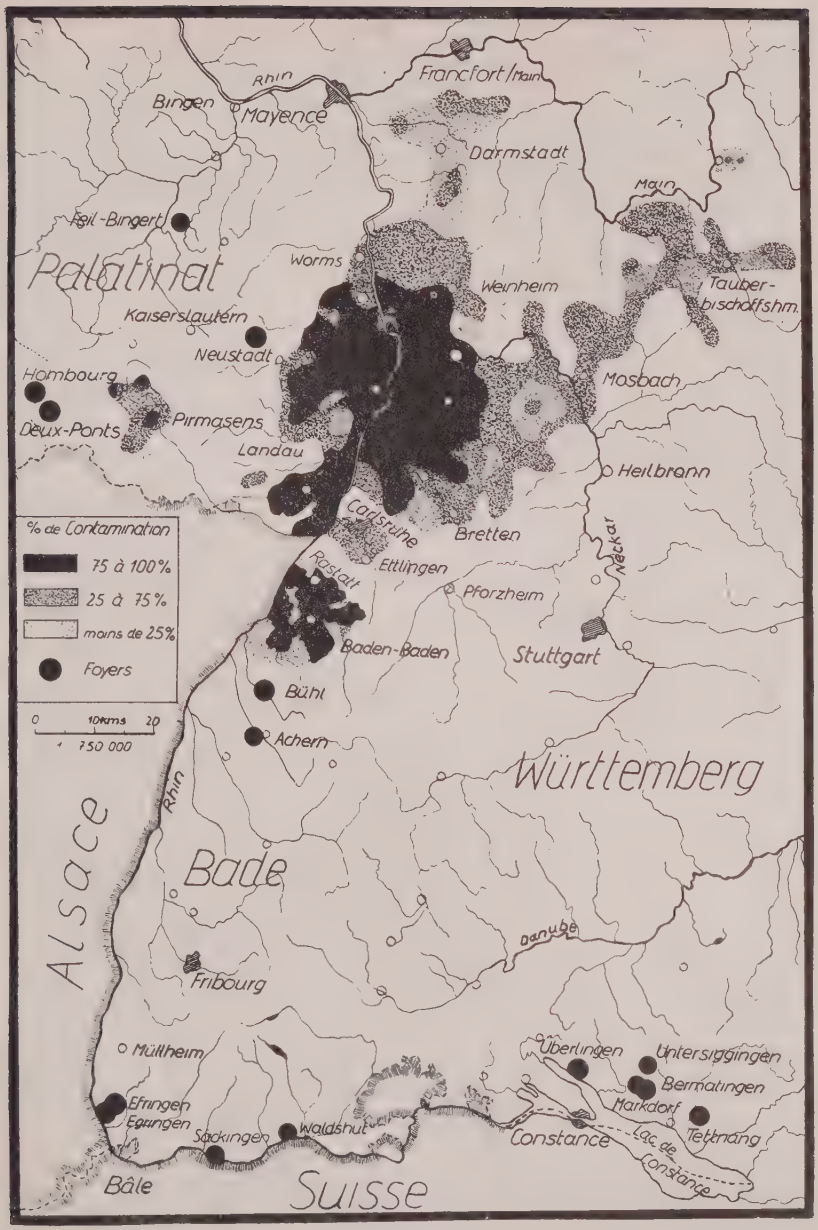
Quelques mois plus tard, le parasite était retrouvé sur la rive gauche du fleuve, dans la zone française, successivement à SPIRE, à LUDWIGSHAFFEN (1) et dans la SARRE. En 1947, un nouveau foyer important, prolongement du foyer principal, était découvert à BADEN-BADEN et à RASTATT.

Les prospections terminées firent apparaître que plus de trois millions d'arbres et arbustes fruitiers répartis sur environ 2.500 kilomètres carrés étaient parasités et que l'insecte, parfaitement acclimaté, avait constitué un foyer dont l'éradication était naturellement impossible.

RÉPARTITION DU POU DE SAN JOSÉ EN ALLEMAGNE. — La carte ci-jointe donne la répartition actuellement connue de *Q. perniciosus* ainsi qu'une estimation des pourcentages de contamination. Un seul foyer, d'un seul arbre, situé à LOCHHAM, près de Munich, n'y figure pas.

De nouveaux très petits foyers seront certainement découverts au cours des prochaines années, mais il est certain qu'aucun foyer de superficie assez grande n'a pu maintenant échapper aux prospections; toutes les pépinières allemandes ont été contrôlées une ou deux fois chacune tous les ans depuis 1946 et de très

(1) LANGE (E. G.), Erstauftreten der San José Schildlaus in der Pfalz und die zu ihrer Abwehr eingeleiteten massnahme (*Festschr. Appel, Berlin-Dalhem*, pp. 23-25, *Berlin, 1947*).



Aire de répartition
du Pou de San-José (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.)
en Allemagne occidentale (janvier 1950).

nombreux sondages ont été effectués dans chaque région fruitière.

Trois types de foyers existent en Allemagne :

1. *Un foyer principal.* — Long de 80 kilomètres et large de 50, il porte deux ramifications. La première, longue de 25 kilomètres, atteint au nord les environs de Francfort; la seconde, dépassant à l'est Tauberbischoffsheim est longue de plus de 40 kilomètres. Il est coupé au nord et au sud de Carlsruhe par la forêt de Hardt.

   Enserrant la pointe nord-est de l'Alsace sur 25 kilomètres il présente pour les cultures fruitières du département du du Bas-Rhin un sérieux danger. Les risques de dissémination naturelle en tache d'huile sont grands, aggravés encore par le passage journalier des ouvriers frontaliers allemands qui travaillent dans le nord de l'Alsace.

2. *Un foyer secondaire à* Pirmasens. — Sa superficie est comparable à celle du foyer de Mandelieu en France. Il n'est distant que d'environ dix kilomètres de la frontière française et présente de ce fait un danger de contamination pour les cultures fruitières de la région de Bitche.

3. *15 très petits foyers dans le Palatinat et le Bade.* — Trois d'entre eux sont situés dans le Palatinat, deux dans le Bade moyen, les autres à l'extrême sud de ce Land.

   Ceux de Deux-Ponts, Feil-Bingert, Neustadt, Buhl, Sackingen et Waldschut comptent chacun quelques centaines d'arbres infestés. A Achern, Eggringen, Markdorf, Uberlingen, Untersiggingen, Tettnang et Lochham un à trois arbres seulement ont été reconnus porteurs du parasite.

Les cinq foyers situés sur la bordure nord du lac de Constance présenteraient pour l'économie fruitière allemande, si leur extention ne pouvait être évitée dans l'avenir, un très grave danger car ils sont situés dans la région qui fournit les plus beaux fruits de table. Les précautions qui ont été prises et le modernisme des méthodes de traitement des arboriculteurs de cette région permettent toutefois de penser que l'éradication de ces foyers pourra être obtenu assez rapidement.

Origine et age des foyers. — Très rapidement l'enquête à laquelle se livrèrent les services de la protection des cultures des zones française et américaine prouva que les très importantes pépinières de Ladenburg, dans le nord de la province du Bade, étaient le point de départ de l'infestation. Ces pépinières, outre les ventes faites à leurs nombreux clients, avaient fourni des bois infestés à deux pépinières de Spire. Les ventes de ces der-

nières, à leur tour totalement contaminées, avaient accéléré la propagation de la cochenille.

La cause de la contamination initiale des pépinières de Ladenburg n'est pas connue. Trois hypothèses ont été émises concernant des livraisons de plants issus de la région de Vienne en Autriche, de la région lyonnaise en France et du nord de l'Italie. Aucune preuve ne permet d'accorder plus de crédit à l'une plutôt qu'aux deux autres de ces possibilités, les trois ayant d'ailleurs peut-être joué simultanément.

Seul le petit foyer de Lochham près de Munich a une origine certaine : le plant infesté provenait d'une pépinière de Vienne.

Il est toujours difficile de donner un âge à un foyer de Pou de San José. Cependant les nombreux examens d'arbres et arbustes fruitiers que nous avons pratiqués dès 1946 dans les foyers nouvellement découverts nous permettent d'estimer que la contamination de la région de Spire date de l'année 1944, et que celle des pépinières de Ladenburg lui est certainement antérieure d'une année, probablement de deux.

Observations sur l'évolution et le comportement de la Cochenille dans la vallée du Rhin. — Le Pou de San José y présente deux générations annuelles. L'insecte reprend tardivement son activité au printemps. Les larves néonates de première génération n'apparaissent pas avant la deuxième décade de juin. Les naissances de deuxième génération commencent vers le début du mois d'août et dès ce moment les deux générations chevauchent, présentant des individus à tous les stades évolutifs. Il est probable qu'il y eut en 1947, année particulièrement chaude dans cette région, une troisième génération partielle.

Les grands écarts maxima annuels de température (hiver — 30°, été + 45° au soleil) enregistrés presque chaque année ne semblent avoir aucune influence fâcheuse sur la vitalité de l'insecte. Seules les larves néonates paraissent souffrir d'un excès de chaleur sèche.

Nous avons toujours observé une très forte mortalité chez les larves avant fixation, dépassant même parfois 90 %. Bien que nous n'ayions pas eu la possibilité de procéder à des élevages suivis en laboratoire nous croyons que les estimations de Marlatt concernant la descendance annuelle d'une femelle sont très éloignées de la réalité, tout au moins dans cette région ou deux générations seulement se succèdent dans l'année. En confirmation de cette observation nous avons toujours observé une contamination en « tache d'huile » relativement faible.

Les plantes-hôtes du parasite en Allemagne sont les mêmes que celles des autres régions de l'Europe où il s'est implanté :

Le Pommier est l'hôte principal; il est très sensible aux attaques de la Cochenille et réagit rapidement par la mort d'une importante partie de sa charpente et par une diminution très rapide de sa productivité.

Le Poirier, deux ans après le début de l'infestation ne donne plus en général de produits vendables et péréclite ensuite rapidement.

Le Cerisier et le Prunier supportent assez bien la présence de l'insecte, et leurs récoltes sont peu diminuées en poids et en qualité pendant les premières années.

Le Pêcher est en général peu contaminé et il est difficile de savoir quelle part peut être imputée au Pou de San José dans son vieillissement assez rapide.

Les *Ribes*, à l'exception du *Ribes nigrum* Linn., sont extrêmement sensibles, surtout dans la région de Heidelberg. Le bois mort est abondant sur leurs charpentes dès la première année de l'attaque et la mort survient rapidement. C'est grâce à cette sensibilité remarquable que le parasite fut découvert rapidement alors que l'on recherchait la cause de dépérissement des nombreuses plantations de *Ribes* de la Bergstrasse à l'Est de Heidelberg.

Les autres végétaux dont la contamination a pu être observée sont peu nombreux. Ce sont : différentes espèces de *Rosa*, une *Pæonia* sp., *Cratægus oxyacatha* et *Cydonia vulgaris*.

Avant que les traitements n'aient été généralisés il était fréquent d'observer de nombreux fruits de Pommier et de Poirier entièrement envahis par la Cochenille. Malgré la libre circulation de ces fruits, aucun cas de contamination n'a été observé de ce fait : il semble que le danger de contamination par transport et consommation de fruits infestés soit pratiquement nul sous ce climat.

Organisation des traitements et résultats obtenus. Dès 1946 des mesures furent prises pour éviter l'extension de la contamination. Elles consistèrent surtout dans des prospections méthodiques, le blocage des pépinières et dans le traitement de tout arbre reconnu contaminé ainsi que de ses voisins immédiats.

En 1948, lorsque les foyers furent connus et bien délimités, un plan d'ensemble pût être élaboré et son exécution rationnellement conduit. Ce plan prévoit :

1. Un traitement d'hiver de toutes les pépinières des zones française et américaine. Ce traitement est effectué soit avec des huiles blanches (dans la zone française) soit avec de l'orthodinitrocresol ou des huiles anthracéniques émulsionnables.
2. Un traitement d'été (parfois deux) de toutes les pépinières

reconnues contaminées. Ce traitement se fait en général avec des huiles blanches dans la zone française et avec du E 605 (Diethyl-p-nitrophenyl-thiophosphate) dans la zone américaine.

3. Un traitement généralisé de tous les produits des pépinières à l'acide cyanhidrique en chambre close (20 grammes par mètre cube pendant une heure).
4. Un traitement d'hiver obligatoire de tous les arbres fruitiers des zones contaminées avec des huiles blanches, des huiles blanches en mélange avec de l'orthodinitrocresol, de l'orthodinitrocresol ou des carbolineum, selon les possibilités budgétaires des Lander intéressés et les facilités d'approvisionnement.

   La faveur des spécialistes allemands se porte actuellement vers le mélange huiles blanches × orthodinitrocresol en raison de son excellent pouvoir ovicide.
5. Un traitement obligatoire des arbres fruitiers d'une ceinture de protection autour de chacune des zones infestées.
6. Un traitement généralisé d'été aux huiles blanches ou au E 605 de toutes les zones contaminées et de leurs ceintures de protection.

Cette organisation a permis d'obtenir des résultats vraiment remarquables. Ainsi dans le Palatinat dès 1947, sept communes contaminées ont pu, après de minutieuses vérifications être déclarées exemptes de Pou de San José; en 1948, dix autres communes l'étaient à leur tour, puis dix-sept autres l'année suivante. Il est possible d'affirmer que le foyer primitif non seulement n'a subi aucune extension mais qu'au contraire, dans de nombreux endroits, les pourcentages de contamination ont fortement diminués et que dans quelques autres l'éradication a pu être obtenue. C'est là un encouragement sérieux à poursuivre une lutte évidemment très onéreuse.

De très nombreux produits nouveaux ont été essayés qui dans l'esprit des chercheurs devaient permettre de diminuer le prix de revient des traitements et d'éviter des achats d'huiles blanches à l'extérieur de l'Allemagne. En 1949 quarante-huit de ces nouvelles formules ont été expérimentées officiellement mais aucune, de très loin, n'a donné des résultats comparables à ceux obtenus avec les huiles blanches et surtout avec le mélange huiles blanches-orthodinitrocresol.

Conclusion. — *La progression du Pou de San José dans le sud-ouest de l'Allemagne est stoppée et les traitements insecticides aux huiles blanches ont permis d'obtenir dans certains endroits l'éradication du parasite.*

Celui-ci rend obligatoires de nombreux traitements très soigneusement effectués et coûteux si l'on veut maintenir une productivité rentable aux cultures fruitières infestées.

Seul le contrôle de « toutes » les pépinières européennes permettrait de freiner la progression du parasite en Europe et d'éviter la création de nouveaux foyers étendus. Il serait souhaitable que les lois et réglements uniformes soient appliqués partout en ce qui concerne la création et l'entretien des pépinières et que l'obligation d'une désinfection généralisée de tous leurs produits avant la vente soit imposée.

SUR UN *PARLAGENA* (*HOM. COCCOIDEA*) NOUVEAU DU BELOUTCHISTAN IRANIEN

PAR

A. Balachowsky

Le genre *Palagena* a été récemment créé par Mc. Kenzie (1) dans la tribu des *Parlatorini* (*Diaspidinae*) pour une espèce découverte aux environs de Pékin (Chine) en 1908, vivant sur un buisson indéterminé et décrite par Takahashi pour la première fois de Shangaï vivant sur *Buxus microphylla* (2) (3). Ce genre représenté jusqu'ici exclusivement pour le génotype (*P. buxi* Takah., = *P. inops* Mc. Kenzie) est très aberrant et diffère des autres *Parlatorini* (*Parlatoria* Targ.; *Genaparlatoria* Mc. Gill; *Parlaspis* Mc. K.; *Parlatoreopsis* Ldgr, *Syngenaspis* Sulc.) par la présence de peignes dégradés plus ou moins spiniformes (et jamais pectinés ou barbelés) en nombre réduit, sur la marge des segments VI-VIII du pygidium. Le génotype ne possède pas de glandes circumgénitales et il est pourvu de trois paires de palettes bien développées (L_1, L_2, L_3).

J'ai reçu en juillet 1949, dans un lot de Cochenilles récoltées en Perse par M. Kaussari une espèce vivant sur *Tamarix* à Iran-Chahre (Beloutchistan iranien) dont les caractères généraux cadrent avec ceux du g. *Parlagena* Mc. Kenzie avec la seule réserve qu'elle ne présente que deux paires de palettes au pygidium (L_1, L_2) au lieu de trois. Ce caractère me parait toutefois insuffisant pour créer une nouvelle coupe générique pour cette espèce, d'autant plus que le g. *Parlagena* est actuellement monotypique. La présence d'une deuxième espèce du genre en Asie à la limite du

(1) Kenzie (How. L. Mc.). — A Revision of *Palatoria* and closely allied genera. *Microentomology*, 10, 1945, p. 81-82.

(2) Takahashi (R.). — Some Coccidae from China. (*Peking Nat. Hist. Bull.*, 10-pt., 3, p. 220, 1935-1936.)

(3) Cette espèce, décrite par L. H. Mc. Kenzie sous le nom de de *P. inops* Mc. Kenzie, est identique à *Gymnaspis buxi* Takah. Cette synomymie nous a été communiquée par Mc. Kenzie au cours de la rédaction de la présente note, le g. *Parlagena* Mc. Kenzie n'en conserve pas moins toute sa valeur.

peuplement paléarctique fait ressortir son origine mésasiatique et son intérêt biogéographique. Elle confirme les conceptions de Mc. Kenzie qui considère le groupement des *Parlatorini* comme ayant une origine orientale.

Parlagena Mc Kenzei n. sp.

Caractères extérieurs. — Bouclier ♀ circulaire, faiblement convexe d'un blanc pur satiné a exuvies larvaires brunes, subcentrales. 1 à 1,2 mm (fig. 9). Puparium ♂ inconnu.

Micro. — ♀ adulte pyriforme, rétrécie au niveau du segment III de l'abdomen (fig. 1); cuticule céphalothoracique dépourvue d'épaississements, membranneuse sur toute la surface.

Tubercule antennaire allongé, pourvu d'une fente médiane et armé d'une soie latérale unique (fig. 8).

Stigmates antérieurs munis d'une seule glande peristigmatique de très faible diamètre, à structure triloculaire (fig. 6 et 7); stigmates postérieurs dépourvus de glandes.

Pygidium (fig. 3 et 4) pourvu de deux paires de palettes bien développées (L_1, L_2), absence totale de L_3. L_1 robuste, larges, relativement peu saillantes, asymétriques, parallèles, à bordure apicale mamelonnée avec une encoche externe faiblement prononcée. Absence de peignes médians. L_2 nettement plus réduites, arrondies à l'apex, asymétriques avec une encoche externe bien marquée.

Peignes peu nombreux, spiniformes dégradés à assise assez large et souvent irrégulière, disposés entre L_1 et L_2 (1 élément) et L_2 et la bordure du segment VI (2 éléments). Chez certains individus ces peignes sont brisés ou raccourcis. On trouve parfois sur la marge des segments VI et V un ou deux peignes dégradés sensiblement du même type que les précédents mais plus courts. Absence totale de peignes sur les segments prépygidiaux I-IV inclusivement.

Soies marginales du pygidium longues et souples.

Ouverture anale de faible diamètre, subcirculaire, centrale. Macropores dorsaux du type classique des *Parlatorini*, courts larges, à chapiteau pourvu de 2 couronnes et ouverture ovalaire fortement épaissie, disposés sans ordre défini sur l'aire dorsale du pygidium comme l'indique la figure 2.

Absence totale de macropore médian (présent chez *P. Buxi* Takah).

Eléments marginaux peu nombreux non différenciés des autres

Parlagena Mc. Kenzei n. sp. — ♀ Adulte. — 1. Aspect général; 2. Détail du pygidium; 3. Marge pygidiale; 4. Micropore ventral; 5. Marge ventrale du céphalothorax et de l'abdomen; 6. Stigmate antérieur; 7. Glande péristigmatique; 8. Antenne; 9. Bouclier ♀.

macropores : l'un est disposé entre L_1 et L_2, l'autre entre les segments VI et VII dans des cryptes marginales élargies. Aire centrale du pygidium pourvue de 13 à 15 macropores, ceux situés à la base sont un peu plus petits par rapport à ceux de la zone submarginale du segment V qui sont au nombre de 4 à 5 éléments. Présence de macropores submarginaux sur les segments prépygidiaux II à IV inclusivement (fig. 1 et 2) de diamètre plus réduit que les éléments marginaux et submarginaux du pygidium mais de même structure.

Face ventrale dépourvue de glandes circumgénitale et de toute trace d'apophyses paragénitales, tapissée de micropores cylindriques (fig. 4) à lumière circulaire de faible diamètre et tubulure allongée. Ils sont disposés dans la zone submarginale des segments VI-VIII sans ordre défini mais font totalement défaut sur les segments IV et V. Ces groupements reprennent dans la zone submarginale du céphalothorax, des mésothorax et métathorax ainsi que sur les segments I à III de l'abdomen (fig. 1 et 5).

Biologie. - Habitat. - Espèce découverte par M. Kaussari entomologiste du Ministère de l'Agriculture du gouvernement iranien à Téhéran, sur *Tamarix* sp. à Iran-Chahre, dans la province du Beloutchistan non loin de la frontière pakistanienne (11 mai 1949). Elle diffère de *P. Buxi* Takh. par une série de caractères importants notamment l'absence de macropore médian, la forme et le nombre des palettes, le nombre des glandes péristigmatiques, etc..., etc...

Je dédie cette espèce à mon collègue H. L. Mc. Kenzie de Sacramento, créateur du g. *Parlagena*.

(*Service de Parasitologie végétale de l'Institut Pasteur de Paris.*)

LA MORT DES BOUTONS DE PIVOINE, *SPHÆROPSIS PÆONIAE*, CHAMPIGNON PARASITE NOUVEAU POUR LA FRANCE

PAR

G. VIENNOT-BOURGIN

On considère bien souvent que, tant en culture intensive (pour la fleur coupée) que dans la culture d'ornement, l'avortement des boutons à fleurs de pivoine est dû à un accident de végétation ou même simplement lié à l'invasion des tiges florales herbacées par la pourriture grise, provoquée par *Botrytis cinerea*. On confond ainsi en un même faciès maladif ce qui peut avoir des causes très différentes et il n'est pas attaché d'importance à ces dépérissements qui se produisent ordinairement vers la fin de la période de floraison.

S'il est exact que des causes physiologiques risquent d'altérer le développement du pédoncule et du bouton floral, on doit cependant distinguer aujourd'hui une autre raison de ce dessèchement que nous avons reconnu comme dommageable depuis deux années dans les plantations de la région parisienne.

Il s'agit dans ce cas d'une attaque précoce en saison par un champignon parasite : *Sphæropsis pæoniae* BONG., étudié et décrit d'abord en Italie du Nord par BONGINI en 1931 (1) aussi bien sur les pivoines herbacées que sur les variétés ligneuses. Nos observations réalisées seulement sur les pivoines herbacées doubles (*Pæonia officinalis* var. hort.) nous permettent de décrire ce parasite, qui ne semble pas, à l'heure actuelle, avoir encore été signalé en France. Il convient d'ailleurs de remarquer que, indépendamment de l'étude très complète de BONGINI et de la mention qui figure dans l'ouvrage de PAPE (H.) : *Krankheiten und Schädlinge der Zierpflanzen*, Berlin, 1936, aucune observation n'a été faite au sujet de ce *Sphæropsis* en dehors du territoire italien.

(1) BONGINI (Virginia). — Un nuovo fungillo della Peonia. *Boll. Lab. Sperim. R. Osservat. rég. di Fitipatologia*, Torino, 29, 1934, pp. 109-20.

Caractères maladifs. - En établissant le cycle de développement de cette affection, on peut dire que la maladie suit la plante durant toute sa période végétative. Si les premières manifestations interviennent aux dépens des feuilles jeunes dès qu'elles sont pleinement étalées, les lésions deviennent plus caractéristiques et plus intenses au cours des périodes chaudes.

A partir du mois de juillet jusqu'à la fin de l'automne, les manifestations parasitaires s'accentuent. On conçoit donc facilement que tous les organes aériens (feuille adulte, bouton floral, pédoncule portant une fleur épanouie) soient susceptibles d'être atteints avec d'autant plus d'importance que l'on avance en saison.

Dans certains cas, en particulier en 1949, nous avons été à même de constater, dès la fin du mois de juin, des souches de pivoine présentant le faciès maladif final, c'est-à-dire le « grillage » complet du feuillage.

Si l'on envisage l'évolution normale de la maladie, celle-ci se manifeste sur le limbe, d'abord sous forme de taches brunes, souvent peu visibles, localisées aux extrémités des divisions foliaires ou dans le sinus qui les séparent. Ces taches s'étendent bientôt en augmentant leur surface en toutes directions, si bien qu'elles prennent rapidement un contour arrondi. Les parties plus récemment soumises à la nécrose sont séparées, au cours de la progression du champignon à l'intérieur des tissus, par des aires concentriques brunes ou grises. La marge de ces taches est précise, et, bien souvent, la limite de l'extension de la zone mortifiée est marquée par la destruction complète du limbe qui se fendille en arc.

Au fur et à mesure que l'on avance en saison, le nombre des lésions augmente. Au lieu d'une ou deux par limbe, on en constate bientôt quatre à sept. Elles s'étendent aussi au pétiole, et, sur celui-ci, la nécrose se manifeste sous forme de bandes qui se limitent, dans leur extension descendante, au bourrelet d'insertion sur la tige. Quand le pétiole est atteint, il se dessèche très vite et le limbe lui-même, tantôt envahi, tantôt indemne, devient flasque, retombe le long de la tige et se dessèche.

La manifestation la plus dommageable du *Sphæropsis* de la pivoine est certainement l'attaque des pédoncules floraux. Elle succède à celle du feuillage ou peut être totalement indépendante. Dans l'un comme dans l'autre des cas, on constate, un peu au-dessous du bouton, souvent au niveau d'une feuille simple réduite à l'état de bractée, une tache brun-fauve à brun-noir (suivant la variété). Cette lésion se creuse en s'étendant en même temps rapidement à la fois vers le haut (lésion ascendante) et vers le bas (lésion descendante) tout en restant sectoriale, c'est-à-

Sphæropsis pæoniae Bonc. — *A gauche :* aspect des lésions sur les feuilles et les pédoncules floraux. — *A droite :* une pycnide P et spores S.

dire n'entourant que partiellement la tige. Cette localisation explique pourquoi les tiges malades sont souvent arquées ou tout au moins infléchies du côté de la nécrose qui intéresse une longueur variable (de 7 à 20 cm.) et peut gagner les sépales persistants qui compriment la fleur. Le desséchement du pédoncule sur une longueur aussi importante provoque le flétrissement du bouton floral qui brunit, se ratatine, et reste ainsi en place; les souches de pivoine attaquées en sont largement pourvues jusqu'à l'entrée de l'hiver. La surface des tissus morts se hérisse bientôt de nombreuses ponctuations à surface rugueuse qui précisent la nature du parasite.

Morphologie du parasite. Très souvent, au début de l'invasion, les taches foliaires ne montrent pas de cause parasitaire précise et, en dehors de leur extension rapide et zonée, elles pourraient être confondues avec celles que provoque parfois la pourriture grise, *Botrytis cinerea*.

Par contre, dès que la nécrose du limbe est prononcée ou que le desséchement des tiges est accusé, le mycélium, jusqu'alors disposé le long des parois des cellules, s'organise en un stroma et vient se rassembler sous l'épiderme.

Les filaments du champignon, incolores, cylindriques et fins, franchissent, dans le parenchyme, de grandes lacunes qui sont apparues par suite de l'écrasement des cellules et la dissociation des tissus sous l'effet de la nécrose.

Le stroma s'organise ordinairement au niveau des stomates; comme ceux-ci sont disposés en séries linéaires sur les tiges, on observe alors une suite de petites ponctuations noirâtres rangées régulièrement. Chaque élément correspond à la formation d'une pycnide, conceptacle en loge globuleuse, à parois épaisses, et pourvu d'un léger col qui en limite l'ostiole par où seront éliminées les spores. Chaque ostiole correspond à l'ouverture d'un stomate et c'est à ce niveau que se produit finalement la rupture épidermique.

Comme chez la plupart des espèces parasites du genre *Sphæropsis*, chaque pycnide renferme un grand nombre de spores brunes, à parois épaisses, cylindriques-ovoïdes, arrondies au sommet, tronquées vers leur base d'insertion. Pour *S. pæoniae*, ces spores mesurent 20 à 25 μ de longueur et 9 à 11 μ de largeur. La membrane en est très régulièrement couverte de petites verrues arrondies. Bongini précise que ces spores sont d'abord incolores et qu'elles sont aussi capables de présenter une cloison transversale les divisant en deux loges; nous n'avons pas constaté la présence de tels types de spores.

Biologie du parasite et moyens de lutte. — Nous avons précisé plus haut le développement précoce en saison du *Sphæropsis* et montré qu'il accompagne la plante pendant toute sa durée végétative.

La formation des pycnides, très abondante sur les tiges florales desséchées sur place, permet de considérer que le champignon hiverne normalement dans les tissus morts, les pores étant rejetées des pycnides au printemps suivant, les périodes chaudes et humides favorisant leur germination.

Ce mode de développement et de perpétuation de la maladie fournit le principe des mesures à appliquer. Tout d'abord, il est indispensable de rogner dès la base les fleurs avortées de pivoine. Les fragments ne seront pas laissés sur place, mais devront être détruits par le feu. En effet, le *Sphæropsis* fait partie de ces nombreuses espèces qui, après une certaine période évolutive au cours de laquelle elles se comportent en parasite strict, sont capables de poursuivre leur développement à l'état de saprophyte et n'utilisent alors la plante-hôte que comme simple support. Dans le cas d'attaques sévères, cette opération sera complétée en fin de végétation par la destruction du feuillage des variétés herbacées par le même procédé.

Par ailleurs, les sels de cuivre et en particulier la bouillie bordelaise et les suspensions à base d'oxydule de cuivre sont actifs. On préfèrera l'oxydule qui a l'avantage de ne pas tacher les fleurs et les feuilles. Deux périodes de traitements sont à envisager. La première doit précéder l'époque possible d'invasion; elle correspond à peu près au moment où quelques feuilles sont totalement développées et où les premiers boutons apparaissent. On traitera alors à l'aide d'une bouillie bordelaise à 0,6 % de sulfate de cuivre neutralisé par un poids égal de chaux, ou bien avec 200 g d'oxydule par hl d'eau.

Au cours de l'été, surtout après une période pluvieuse, on peut avoir avantage à répéter le traitement en augmentant légèrement les concentrations (bouillie bordelaise à 1 %, suspension d'oxydule à 300 g par hl).

Ainsi se trouvera réduit un parasite des cultures de pivoines, encore peu répandu en France, mais dont les dommages possibles ne sont cependant pas négligeables.

(*Travaux du Laboratoire de Botanique et de Pathologie végétale de l'Institut national agronomique.*)

NOTES BIOLOGIQUES SUR LES CINQ FOURMIS LES PLUS NUISIBLES DANS LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE

PAR

F. Bernard

Des observations personnelles, effectuées surtout à Fréjus et Saint-Raphaël (Var), accessoirement à Monaco, Alger, et au Maroc, apportent quelques faits nouveaux ou inédits sur le comportement et la concurrence mutuelle des Fourmis les plus envahissantes dans les jardins de ces régions. La plus connue est la fameuse Fourmi d'Argentine (*Iridomyrmex humilis* Mayr.), mais on l'a sans doute assez souvent confondue avec d'autres espèces tout aussi grouillantes, de forme et de mœurs analogues, et parfois même capables, contrairement aux données classiques, de lui résister efficacement. Ce sont deux *Tapinoma* (genre voisin d'*Iridomyrmex*), un *Paratrechina* et le *Lasius alienus* (1), ces deux derniers appartenant à la famille distincte des Formicidae.

L'étude suivante est principalement écologique, et basée sur des comptages des nombres de nids de chaque espèce selon le genre de terrain, de flore, d'humidité locale, etc... Certains lieux, comme la plage de Saint-Aygulf, au sud de Fréjus, ou le parc de Santa-Lucia, au nord de Saint-Raphaël, furent explorés plusieurs années, mettant en évidence des extensions ou régressions relatives des Fourmis notables. On y verra que l'épanouissement « totalitaire » de l'*Iridomyrmex*, supprimant toutes les autres Fourmis là où il existe, est plutôt un dogme théorique, basé sur des zones comme Cannes, Madère, ou le sud des Etats-Unis. A Saint-Raphaël, il rencontre de très nombreuses exceptions. Bien mieux, la côte nord-africaine, qui semblerait un espace vital de choix pour cet Insecte, est très peu attaquée, probablement à cause du concurrent local énergique *Tapinoma simrothi*. L'absence de ce dernier à Madère, sa rareté dans les

(1) Comme dans le *Traité de Zoologie* en parution, je reprends la superfamille des *Formicoidea* Ashmead, divisée en huit familles actuelles.

Alpes-Maritimes, suffisent à expliquer les regrettables succès locaux de la Fourmi d'Argentine.

Notre but serait atteint si ces notes pouvaient aider en quelque manière à la reconnaissance des fléaux régionaux et à leur destruction. Pour celà, j'ai ajouté, en deuxième paragraphe, un court tableau de détermination, fait pour un entomologiste non spécialisé, muni d'une simple loupe sur le terrain. Il se borne aux cinq espèces pratiquement très nocives, surtout par l'entretien de Cochenilles et Pucerons. Les nombreuses autres Fourmis (environ 40 espèces dans le Var et 75 près des ports algériens) n'ont guère fait l'objet de plaintes fréquentes, parce qu'elles ne pullulent pas à l'excès dans les cultures et les maisons. En Californie, Eckert et Mallis (1937) signalent 22 espèces nuisibles, mais les vrais envahisseurs se limiteraient aussi à cinq ou six : les *Monomorium* et *Solenopsis,* malgré tout, ne commettent pas des ravages comparables à ceux des *Iridomyrmex* ou des *Lasius.*

Enfin, les *Messor* détournent dans leurs terriers jusqu'à 1/10 des graines de céréales et de Légumineuses des récoltes. Vu la profondeur et l'espacement des nids (surtout en Algérie), la lutte est très aléatoire, d'autant plus que ces Insectes touchent rarement aux appâts sucrés. On laissera donc pour plus tard les observations sur ces Fourmis admirées par Salomon et par tant d'autres.

1° Comportement commun aux diverses fourmis ravageuses

On peut se demander à quoi tiennent les capacités de pullulement des espèces étudiées ici, et si des caractères biologiques généraux, réunissant ces dévastatrices, les distinguent des autres Fourmis locales. La réponse à cette question est affirmative : il y a des mœurs communes, expliquant aisément leur succès dans les jardins, et parmi elles la fécondité relative n'est peut-être pas l'élément essentiel :

Tout d'abord, nous ignorons cette fécondité dans les conditions naturelles. Pour *Iridomyrmex*, Barber (1918) compte de 10 à 30 œufs journellement pondus par la reine en nid artificiel, et suppose (sur quelles bases?) que la ponte libre doit être bien plus forte. Même si la ponte réelle était dénombrée, tout dépend du nombre de reines (souvent plus de cent par fourmilière) et de la survie moyenne des larves. Enfin, il est démontré aujourd'hui que la ponte des ouvrières, donnant *d'autres ouvrières* par parthénogénèse, est un fait normal chez divers *Lasius*, *Camponotus*, et sans doute parmi beaucoup d'autres Fourmis. Dans une thèse inédite, Ledoux (1949) montre que la reproduction active d'*Œco-*

phylla longinoda (Fourmi tisserane d'Afrique) est assurée par les ouvrières, capables d'engendrer soit d'autres ouvrières, soit des femelles, soit des mâles.

Sans insister sur cette multiplication, puisque l'on manque d'éléments de comparaison, voici plusieurs particularités géographiques ou éthologiques justifiant la réussite des formes nuisibles :

a) Ce sont des Fourmis supérieures, sans aiguillon, mais agiles, à jabot très dilatable, souvent à odeurs intenses.

b) Entre nids différents et voisins, il n'y a pas de luttes à l'intérieur de l'espèce. Bien mieux, en hiver surtout, des populations distinctes ont tendance à fusionner, ce qui conduit à d'énormes fourmilières bien protégées par leur masse. La plupart des Fourmis « indigènes » concurrentes, comme *Pheidole*, *Crematogaster*, *Tetramorium*, *Camponotus*, etc... se livrent au contraire à des combats fréquents contre leurs congénères voisins.

c) Les reines sont toujours nombreuses dans les sociétés âgées. Pour *Tapinoma nigerrimum* et *simrothi*, j'ai vu jusqu'à 205 femelles désailées dans des fourmilières de Fréjus et d'Alger. Chez *Lasius* et *Paratrechina*, il y a au moins quatre reines, et la profondeur des terriers empêche souvent de trouver les autres. Barber dit que même les jeunes nids d'*Iridomyrmex* ont plusieurs femelles, et celles-ci en sortent parfois pour des promenades de durée inconnue. Tout cela favorise évidemment la résistance aux insecticides et aux intempéries, quelques reines pouvant se tenir en dehors des zones dangereuses. Admettons une production théorique de 30 œufs par jour : pour 100 reines en trois mois cela donnerait 300.000 nouvelles Fourmis, ce qui est bien l'ordre de grandeur des gros nids de ces formes polygynes.

Là encore, elles échappent à la règle commune, car la monogynie (présence d'une seule reine pondeuse) semble rester le cas chez la majorité des autres types méditerranéens (par exemple *Tetramorium* et *Pheidole*). La tolérance mutuelle entre femelles d'âges variés, l'accouplement au nid ou près de lui (bien prouvé chez *Iridomyrmex*) entraînent une polygynie favorable au pullulement de l'espèce.

d) Toutes les Fourmis envahissantes *résistent à l'inondation*, chose indispensable dans des jardins souvent arrosés. Les *Lasius* tolèrent seulement une immersion brève, mais les deux *Tapinoma* sont les seuls à peupler les bas-fonds argileux, noyés en hiver : ils y abondent en Algérie comme en France méridionale, et ne se protègent pas, comme d'autres genres, en bouchant hermétiquement leur terrier. Il faudra rechercher quelles propriétés larvaires et imaginales permettent aux *Tapinoma* des mois de survie en pleine eau, comme dans les « dayas » du Maroc. Cela

est d'autant plus curieux que la généralité des Fourmis ne survivent guère qu'en lieux à écoulement facile : pentes de collines, sables perméables, etc. Au Sahara, les pluies, rares mais intenses, modifient profondément la faune de Fourmis, où les résistantes sont encore moins nombreuses.

e) Habituellement, nos espèces nuisibles sont peu exigeantes pour le choix du sol et du genre de nid. Cela est toutefois moins vrai à la mauvaise saison et loin des abris, comme vont le montrer nos comptages de fourmilières. De plus, entre aliments variés, elles préfèrent les jus sucrés et les miellats des Homoptères à toute autre chose, tandis que bien d'autres genres (*Formica, Pheidole,* etc...) préfèrent les aliments carnés, les Insectes vivants ou le fromage.

f) Il est à peine nécessaire de rappeler la règle suivant laquelle les envahisseurs sont des formes peu nuisibles dans leur pays d'origine. Leur pullulement au loin n'est pas seulement facilité par l'absence de concurrents ou de leurs ennemis normaux : il semble que le changement de climat exalte leur croissance et leur multiplication. C'est ainsi que Santschi a nommé « var. *arrogans* » les *Irdomyrmex humilis* du Var, plus gros et plus polymorphes que n'importe quelle race américaine « sauvage ».

En résumé, la rareté des luttes intestines, le grand nombre des reines et la résistance à l'inondation semblent les principaux facteurs favorables aux espèces calamiteuses. La réunion de ces trois caractères les distingue de presque toutes les autres Fourmis moins nuisibles, dont très peu possèdent à la fois ces propriétés essentielles.

2° Reconnaissance rapide des principaux types

La systématique des Fourmis est délicate, surtout pour les ouvrières qui sont trop souvent la seule caste présente dans les collections : elles varient énormément de couleur, sculpture et polymorphisme selon le climat local, la saison où elles sont nées, le microclimat de chaque nid, la race géographique, etc... Aussi, une ouvrière isolée est souvent indéterminable, chose rare pour une Mouche ou un Coléoptère isolé : il faut récolter au moins une dizaine d'individus de tailles diverses dans un nid pour avoir un matériel utilisable. Conclusion : les anciennes descriptions, basées sur peu d'ouvrières de chaque espèce, sont sujettes à critique. Je n'étonnerai pas les spécialistes en affirmant que, même autour de la Méditerranée, plusieurs genres classiques : *Messor, Leptothorax, Crematogaster, Lasius,* etc..., méritent encore une nouvelle définition des espèces, tenant compte de

toutes les castes. Les femelles, et surtout les mâles, permettront seuls une claire séparation des formes voisines. Jusqu'à l'ouvrage de Santschi (1938) nos trois *Tapinoma* de France étaient réunies en une seule espèce : *erraticum* Latr. Or, l'armure génitale, et des traits biologiques aussi importants que la taille des reines et la résistance à l'inondation, séparent très bien mutuellement les *T. erraticum* Latr., *nigerrimum* Nyl. et *simrothi* Krausse, dont les origines géographiques sont aussi très distinctes.

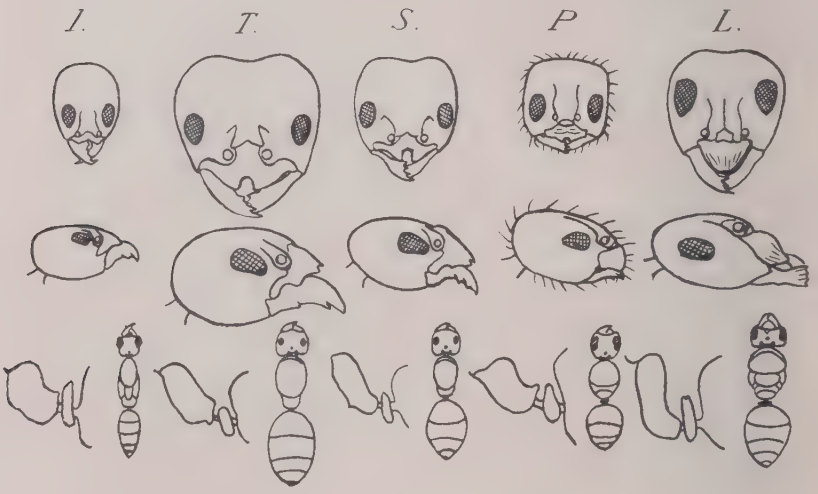


Fig. 1. — Principaux caractères de reconnaissance chez les cinq Fourmis nuisibles dans la région méditerranéenne :
De gauche à droite : I : *Iridomyrmex humilis* (Fourmi d'Argentine); T : *Tapinoma nigerrimum* (ouvrière major); S : *Tapinoma simrothi* (ouvrière major); P : *Paratrechina fulva*; L : *Lasius alienus*.
De bas en haut : Première ligne : têtes des grosses ouvrières (× 15); deuxième ligne : mêmes têtes vues de profil; troisième ligne : pour chaque espèce, à gauche, profil du segment médiaire et du pétiole abdominal; à droite, schéma de la reine féconde (× 3). On remarquera la reine très spéciale d'*Iridomyrmex*, à thorax grêle et yeux très antérieurs.

Notre but actuel est toutefois de nommer aisément, à la loupe, sur le terrain, les cinq Fourmis très nuisibles déjà citées. Voici un tableau, complété par la figure 1, réalisant sensiblement ce but. Les autres espèces pouvant être confondues avec celles-ci sont rares sur le littoral méditerranéen: il est donc bien entendu que notre tableau n'est valable que pour les *jardins et maisons de la zone humide méditerranéenne*, à moins de 10 km de la côte.

Tableau de détermination pratique des ouvrières (fig. 1) :

1. *Yeux situés en arrière du milieu de la tête, et à mi-distance entre sa face supérieure et inférieure (fig. L). Tête et abdomen bruns, plus ou moins foncés, thorax et pattes roux, plus clairs. Ecaille du pétiole échancrée en dessus; de profil, elle est assez haute. Taille : 2,5-3,4 mm. Odeur aromatique, peu marquée* ..... **Lasius alienus.**
— *Yeux nettement en avant du milieu de la tête, et rapprochés de sa face supérieure (I à P). Tête de même couleur que le thorax. Ecaille, vue de profil, basse, tranchante en dessus* **2**
2. *Tête aussi longue que large, subcarrée, ornée de grosses soies raides (P). Corps brun jaunâtre, abdomen brun, pattes plus pâles. Taille : 2,5-3,3. Odeur faible. Trouvé jusqu'ici seulement près de Saint-Raphaël (Var)* ..... **Paratrechina fulva.**
— *Tête plus arrondie, sans soies. Très répandus* **3**
3. *Couleur rousse, ou jaune brunâtre : pattes de même teinte que le corps, abdomen rembruni. Taille 2,2-2,6 mm. Pas d'odeur perceptible sur un individu, mais la fourmilière a un relent musqué ou de moutarde. Tête allongée (I)* ..... **Iridomyrmex humilis.**
— *Couleur franchement noire, ou brun noir. Taille plus grande : 2,5-4,5 mm. Une ouvrière isolée, tenue entre les doigts, dégage une forte odeur de beurre rance* **4**
4. *Reines et ouvrières à reflets bronzés, grâce à une pubescence jaunâtre. Relativement grande : ouvrière : 3 à 4,5 mm, les plus grosses à tête subtriangulaire; reine : 6-7 mm. Echancrure antérieure du clypéus presque semi-circulaire (T). Commune en France et en Afrique du Nord* ..... **Tapinoma nigerrimum.**
— *Reines et ouvrières franchement noires, ou à faible pubescence argentée. Plus petite : ouvrière : 2,6-3,9 mm, les plus grosses à tête ovale; reine : 5-5,5 mm. Echancrure du clypéus quadrangulaire (S). Très nuisible en Afrique du Nord, plus rare en France* ..... **Tapinoma simrothi.**

Les femelles sont plus difficiles à distinguer, la forme de la tête et des yeux étant moins variée. De plus, les nervures alaires sont sensiblement les mêmes dans les cinq espèces citées, au moins pour un non-spécialiste. On reconnaîtra toutefois immédiatement *Iridomyrmex* ♀ à son thorax beaucoup plus grêle (fig. 1), et *Paratrechina* aux soies dressées de la tête et du corps. Les mâles ont d'excellents caractères distinctifs dans le thorax et les antennes, mais on les trouvera rarement dans la recherche courante des Insectes. L'essaimage de toutes ces espèces est surtout en juin, parfois en mai en Algérie. Certains nids essaiment encore en juillet et en septembre.

Un dernier trait sépare bien les Dolichoderidae (*Iridomyrmex* et *Tapinoma*) de toutes les Formicidae (*Lasius* et *Paratrechina*). Si l'on place la main dans la fourmilière, le bras et le corps sont envahis en peu de secondes par les cohortes de Dolichoderidae, tandis que les Formicidae hésitent assez longtemps, quelques ouvrières seulement se risquent sur le bras de l'intrus pendant les trois premières secondes. C'est un procédé accessoire, mais parfois commode pour distinguer *Lasius* de *Tapinoma* dans les lieux où l'on manque de loupe... et d'odorat!

3° Remarques biologiques sur chaque espèce

1. ***Iridomyrmex humilis*** Mayr. (fig. 1, I). — Trois auteurs français, dont les principales publications sont citées, et quinze américains (dont six travaux cités ici) ont décrit l'essentiel du comportement et de l'extension de la Fourmi d'Argentine. Il suffira de rappeler quelques notions classiques, d'en critiquer d'autres, et d'ajouter quelques notes personnelles, prises surtout dans le Var en 1940 :

Chopard (1921) ne signale *Iridomyrmex* qu'autour de Tamaris (Var) et de Cannes (Alpes-Maritimes). De 1925 à 1935, plusieurs autres localités des Maures et de l'Estérel sont envahies, notamment Mandelieu, Saint-Aygulf, où la lutte par appâts arséniés fait reculer l'Insecte. Mais la longue période de guerre, où les matières sucrées étaient trop précieuses pour servir de pièges à Fourmis, voit une terrible extension. Les hôtels de Monaco, Menton et de la Riviera italienne, indemnes avant 1940, sont pleins aujourd'hui de colonnes grouillantes. Par contre, la plage de Saint-Aygulf et les jardins de Saint-Raphaël, lieux que j'explore presque tous les ans, sont relativement indemnes, et celà, je crois, grâce à la résistance des Fourmis locales :

D'accord avec M. R. Smith (1936), on peut avancer que la nature du sol n'arrêterait guère l'*Iridomyrmex*. Aux Etats-Unis, elle pullule sur l'argile comme sur le sable et sur les rochers des plateaux. En France, elle domine sur le gneiss (Saint-Aygulf), sur roches éruptives sans trace de chaux (Estérel), ou sur calcaire et dolomies (jardins de Monaco). C'est l'*humidité de l'air* qui est le premier facteur limitatif, et Hertzer (1930) a montré qu'elle est indispensable aux premiers stades. On s'explique ainsi pourquoi, heureusement d'ailleurs, la Fourmi d'Argentine ne dépasse pas, vers l'intérieur du continent ,la zone située à 10 kilomètres du rivage. Or la gelée ne paraît point la gêner, mais la sécheresse moyenne de l'air, loin de la Méditerranée, doit empêcher la croissance des larves ou l'éclosion des œufs. Il en est de même sur les collines qui s'élèvent de plus de 100 mètres au-dessus de la mer. *Iridomyrmex* et *Paratrechina*, types tropicaux, ne peuvent prospérer que dans les lieux humides : aux Etats-Unis, ils ne s'écartent guère des boisements, jardins et vallées des fleuves.

Sur les plages de Fréjus, ce sont *Tetramorium cæspitum* et *Tapinoma nigerrimum* qui doivent freiner l'avance d'*Iridomyrmex* : on va en voir un exemple à propos de *Tapinoma*. Dans les jardins de Saint-Raphaël, ce sont deux autres envahisseuses déjà établies : *Lasius alienus* et *Paratrechina fulva*. Enfin, sur les collines boisées de l'Estérel, l'ensemble des Fourmis indigènes

locales paraît suffire à contenir l'Argentine. Voici un relevé sur une pente de porphyre, au-dessus et à l'ouest de la gare du Trayas (Var) :

Sur cent fourmilières, en terre assez humide, à feuilles de Chêne-liège et à *Lavandula stæchas*, j'ai compté :

Pheidole pallidula	54 %
Camponotus sylvaticus	22 %
Crematogaster sordidula	10 %
Plagiolepis barbara	8 %
Lasius niger	4 %
Iridomyrmex	2 %

Dans de nombreuses stations analogues, il se maintient ainsi 2 à 4 % de nids d'Argentine, sans augmentation sensible d'une année à l'autre, et cela bien que l'humidité semble très suffisante (la pente du Trayas est abritée du mistral et à un kilomètre à peine de la mer). Nous sommes loin du dogme du succès total de l'*Iridomyrmex* là où elle est arrivée depuis quelques années. Seuls les milieux très arrosés et plus riches en nourritures sucrées doivent lui permettre de l'emporter sur toutes les autres espèces. Enfin, Chopard note que *Plagiolepis pygmæa* arrive seule à être tolérée par l'Argentine. C'est fort possible, bien que je n'aie jamais trouvé de *Plagiolepis* (*pygmæa* Latr. ou *barbara* Sant.) dans les jardins très envahis. Ces minuscules Fourmis, les plus petites de France, sont en outre très combatives, et, en vase clos, viennent à bout d'espèces indigènes très variées.

Dernière observation : la Fourmi d'Argentine est capable de *marcher sur la mer* par temps calme. En juillet 1940, à Saint-Aygulf, de petits Diptères Chironomides éclosaient en masse dans les calanques marines. Aussitôt venus à la surface de l'eau, ils étaient saisis par des colonnes d'*Iridomyrmex*, partant des rochers littoraux et s'avançant à plus de 25 centimètres sur la Méditerranée. C'est peut-être un cas exceptionnel, à une saison où les autres proies sont rares pour l'Argentine, mais il valait la peine d'être signalé. La traversée d'assiettes d'eau et de canaux par cette Fourmi était déjà connue, mais elle ne se risque pas, comme les *Anomma* équatoriaux, sur la surface agitée des torrents.

2. ***Tapinoma nigerrimum*** Nyl. (fig. 1, T). — C'est le plus gros des *Tapinoma* méditerranéens, et le seul vraiment commun dans les cultures de plaines du Var. Aussi est-ce presque sûrement à lui que se rapporte le « *T. erratico-nigerrimum* », nuisible à Gonfaron (Var) et Mandelieu (Alpes-Maritimes) à tel point que

les conseils généraux intéressés avaient reçu des plaintes officielles à son sujet dès 1909. En Algérie, il est presqu'aussi néfaste que *T. simrothi* (entretien des Pucerons des jardins) et pénètre souvent dans les villas; il favorise aussi l'étouffement des Mimosas par *Icerya purchasi*. Il serait même nuisible à la Vigne.

L'espèce occupe toute l'Espagne, les régions humides nord-africaines, l'Italie, les plaines méditerranéennes en France. Elle manquait en Corse et Sardaigne en 1920 : ce n'est donc pas une forme tyrrhénienne, et, comme elle présente diverses variétés en Espagne et au Maroc, son origine est plutôt ibéro-mauritanienne. Elle est bien moins xérophile que *simrothi*, qui va jusqu'au Sahara central. Quant à la troisième espèce française : *T. erraticum* Latr. (*sensu stricto*), plus petite que *simrothi*, elle n'est point méditerranéenne : très banale en montagne et aux environs de Paris, elle est très disséminée dans le Var (refoulée des plaines par *nigerrimum*), et manque à peu près complètement en Afrique. De plus, elle est franchement xérophile et ne supporte point l'inondation, si indifférente aux autres *Tapinoma*.

Le milieu idéal pour *T. nigerrimum* (sans doute parce qu'il chasse les autres Fourmis) est un terrain horizontal ou en cuvette, abrité du vent et inondé en hiver. Des comptages de nids en cinq stations du sud de la France vont nous préciser ces besoins :

Station 62 : Plage de Saint-Aygulf (Var). Pointe de sable fin, perméable, sans argile. Végétal dominant : *Kakile maritima*. Parmi les fourmilières : *Tetramorium cæspitum* 90 %; *Iridomyrmex* : 4 %. Pas un seul *Tapinoma*.

Station 2 : Plage de Fréjus (Var). Sable grossier plan, perméable çà et là, ailleurs argileux avec *Scirpus holoschœnus*. *Tetramorium* : 58 %; *Cremogaster auberti* : 18 %; *Plagiolepis* : 10 %; *Tapinoma nigerrimum* : 3 %. Sol plus ou moins salé.

Station 27 : Plage de Saint-Aygulf. Sable fin humide, argileux, près des étangs de Villepey. Plantes principales : *Scirpus*, *Statice*. 10 espèces de Fourmis, dont : *T. nigerrimum* : 42 %; *Tetramorium* : 11 %; *Crematogaster auberti* : 6 %.

Station 102 : Albaron (Camargue). Sable vaseux très salé. Les Fourmis nichent au pied des touffes de Salicornes, sauf *Monorium minutum* (15 %) qui supporte l'argile pure. *Tapinoma nigerrimum* : 60 %; *Messor barbara* : 5 %; *M. sancta* : 10 %; *Aphænogaster senilis* : 10 %.

Station 64 : Fréjus. Pointe de plage à l'embouchure sud de l'Argens. Sable grossier fluviatile, à couches d'argile, peu salé. Plantes principales : *Phragmites*, *Xanthium strumarium*. Végé-

tation peu dense, beaucoup de détritus amenés par la mer. 5 espèces de Fourmis, dont : *Tapinoma nigerrimum* : 82 % ; *Tetramorium* : 8 % ; *Camponotus latéralis merula* : 4 %.

Conclusion : notre *Tapinoma* supporte très bien le sel (*station 102*), et diverses contextures du sable, mais il faut que ce dernier soit assez argileux pour retenir l'eau : là ou il est perméable (*stations 62* et 2) les *Tetramorium* l'emportent. Mieux encore que le sable lui réussit l'argile, soit pure (cultures de la vallée de l'Argens à Fréjus), soit reposant dans des trous du calcaire (banlieue d'Alger) : dans ces cultures, inondées parfois plus d'un mois par an, il peut y avoir 100 % de *Tapinoma*. Celui-ci manque toujours sur rochers, ou sur pentes argileuses assez déclives pour sécher vite.

3. ***Tapinoma simrothi*** Krausse (fig. 1, S). — Plus petite, plus noire et plus agile encore que la précédente, cette espèce n'est nullement, comme le croyait Forel, un intermédiaire entre les deux *Tapinoma* d'Europe (= *T. erratico-nigerrimum* Forel 1906). Santschi a montré qu'elle était bien distincte des deux par les genitalia du ♂ et la forme du thorax, la taille des reines, etc. J'ai ajouté d'autres caractères, tirés des antennes et du clypéus, à propos des Fourmis de la forêt de Mamora (1945, fig. 2).

Le type *simrothi* est de Sardaigne, et il semble être le seul *Tapinoma* en Corse et Sardaigne, mais il faudrait qu'un myrmécologue aille y chasser. Ailleurs, on le connait d'Asie Mineure, Turkestan, Perse, Grèce (var. *phœnicium* Em. commune en Grèce, Palestine, Egypte). Il pullule en Afrique du Nord et Espagne, même dans des lieux aussi incultes que le Plateau des Lacs au nord du Moyen-Atlas marocain : les récoltes de H. Otin (1945) le montrent banal sur ce plateau, jusque vers 2.300 mètres d'altitude. L'espèce est donc, sinon autochtone en Afrique du Nord, du moins très anciennement introduite et diffusée, peut-être grâce aux pèlerinages de la Mecque : en tout cas, son origine orientale est vraisemblable, comme pour *T. erraticum*.

Au Sahara, cette Fourmi peuple abondamment les fonds d'oueds argileux à Beni-Ounif (Sud-oranais, observations de Mme Athias-Henriot). Plus au sud, l'arrosage paraît indispensable à son maintien, mais elle pullule encore dans deux oasis du Fezzân, notamment Trâghen situé à 26° de lat. N. (F. Bernard). C'est visiblement là un Insecte introduit par l'Homme.

Comparée à *T. nigerrimum*, *T. simrothi* est relativement rare en France continentale. Je ne l'y ai jamais trouvé, malgré de nombreuses chasses dans les Alpes-Maritimes, le Var et les Pyrénées-Orientales. Il n'y a aucune citation certaine au nord de l'Espagne et en Provence, où l'on a pu déterminer *simrothi* de

gros exemplaires d'*erraticum* ou de petits de *nigerrimum*. Il faudra vérifier si *T. erratico-nigerrimum* Forel est bien synonyme de *simrothi* Krausse et s'applique réellement aux *Tapinoma* nuisibles à Mandelieu et Gonfaron : ces derniers ont plutôt des chances, à mon avis, d'être une race de faible taille de *nigerrimum*.

Par contre, les dégâts en Afrique sont considérables, et il n'est pas inutile de distinguer avec soin *simrothi* de *nigerrimum*, car l'écologie des deux espèces n'est pas uniforme. *T. simrothi* résiste mieux à la sécheresse que l'autre : d'une part, elle se trouve dans toute la moitié nord du Sahara, d'autre part elle pullule sur les plateaux calcaires jusqu'à 2.400 mètres d'altitude, stations fort arides en été. Mais la nécessité d'une grande humidité ou d'inondation durant plusieurs mois reste valable pour les deux *Tapinoma* en question.

Le Service de Défense des Végétaux du Maroc a publié (1939) une brochure relative à *T. simrothi*, ses méfaits dans les jardins et les pièges à employer. Comme ennemis naturels des *Tapinoma*, cette brochure signale *Trogonophis wiegmani* Kaup. (appelé par erreur *Trigonophis*). Ce Reptile aveugle, redouté à tort des Musulmans, est en effet très commun dans les sols sablonneux nord-africains et dévore notamment des Fourmis. Des adversaires plus constants, et souvent efficaces, sont d'autres Fourmis, les Dolichoderidés jaunâtres du genre *Bothriomyrmex* : leur femelle, très petite, s'introduit dans le nid de *Tapinoma*, décapite la reine locale (opération prenant plus de 18 heures) et est adoptée par les ouvrières de l'hôte. Au bout d'un an, toutes les *Tapinoma* initiales sont mortes, et la ♀ *Bothriomyrmex*, devenue énorme, produit une société homogène de son espèce.

Il n'est pas rare de voir, en France et surtout en Algérie, des régions entières où les *Tapinoma* sont remplacées par des *Bothriomyrmex*. Je l'ai constaté, près d'Alger, comme à Lapasset (Oran) pour *Bothriomyrmex decapitans* Sant., en forêt de Mamora (Maroc) pour *B. regicidus* Sant.; près d'Angoulême (Charente) et de Jausiers (Basses-Alpes) pour *B. corsicus* Sant. race *gallicus* Em.; sur la plage de Saint-Aygulf (Var) pour *B. corsicus*, race *laticeps* Em.

Malgré ces succès, les *Bothriomyrmex* sont peu indiqués contre les *Tapinoma* : ils entretiennent les Pucerons, et ne paraissent pas supporter l'arrosage : je n'en ai jamais vu dans des jardins. Mais ils contribuent certainement à limiter l'extension des *Tapinoma* dans la nature.

Contrairement à *nigerrimum*, *T. simrothi* supporte très bien l'incendie, et pullule dans les lieux brûlés de Berbérie, comme fait le *Lasius alienus* en France. Il est donc tout à fait contre-

indiqué de défricher par le feu, ou de vouloir détruire les Fourmis ainsi.

Voici enfin quelques comptages de fourmilières, au Maroc et au Sahara, qui feront encore mieux ressortir les conditions de vie du *T. simrothi* :

Station 27 : Moyen-Atlas marocain : Ifrane. Pente argilo-calcaire exposée au nord-est. Altitude 1.700 m. Flore : Légumineuses en touffes et Thym. 19 espèces de Fourmis, où domine *Aphænogaster pallida* Nyl. Malgré cette richesse, pas un seul *Tapinoma*, à cause de la sécheresse et des concurrents locaux.

Station 9 bis : Forêt de Mamora, au nord de Rabat (Maroc). Pente sablonneuse inclinée à 15° vers l'est, altitude 50 m. Distance de l'Océan : 30 km. Végétal dominant : Palmier nain. *Monomorium salomonis* : 27 %; *Tapinoma simrothi* : 20 %; *Cataglyphis bicolor* : 14 %; 6 autres Fourmis : 39 %.

Station 13 : Forêt de Mamora. Fourmis nichant dans le sable horizontal, au pied des Poiriers sauvages (*Pirus mamorensis*) où elles fréquentent les Pucerons. *Crematogaster scutellaris* : 35 %; *C. Auberti* : 25; *T. simrothi* : 33; *Plagiolepis schmitzi tingitana* : 8. Cette station relativement sèche, à 40 km de la mer, est donc déjà riche en *Tapinoma*, sans doute grâce à l'argile sous le sable.

Station 17 : Forêt de Mamora, à 19 km de l'océan. Sable horizontal, sous les Chênes-lièges. Sous-bois assez ombragé, peu de plantes basses et de feuilles mortes. *T. simrothi* : 42 %; *Plagiolepis schmitzi tingitana* : 18; *Cataglyphis bicolor* : 12; 4 autres Fourmis : 28 %. L'ombrage, et l'humidité accrue, éliminent le *Monomorium salomonis*, qui était le principal concurrent du *Tapinoma* dans l'est aride de la forêt.

Station 25 : Ifrane, altitude 1.750 m. Pré entre l'oued et la station biologique, sol argileux, exposé au nord, à 20 mètres de l'oued. *Tapinoma simrothi* : 60 %; *Pheidole pallidula* : 16; *Lasius flavus* : 12. La faune de Fourmis ressemble à celle de certaines prairies de Provence vers 400 mètres d'altitude. A Rabat ou Alger, un facies aussi humide aurait jusqu'à 95 % de *Tapinoma*.

Donc, l'ombre et la densité (faible ou grande) des végétaux ont peu d'influence sur *T. simrothi*, mais il faut de l'argile en profondeur et un minimum d'humidité de l'air pour le succès de cette espèce. Ces conditions existent dans beaucoup d'oasis, par exemple les deux suivantes du Fezzân :

Trâghen (Fezzân du sud, 26° de latitude nord). Dépression argileuse, avec lacs d'eau douce. Altitude 340 m. Croûte salée, à

Joncs et *Imperata*, fréquentée par des moutons. *T. simrothi phœnicium* : 24 % ; *Monomorium subopacum nitidiventris* : 20 %; 9 autres Fourmis : 56 %.

A Brâk (Fezzân du Nord, altitude 250 m), une forte source d'eau douce rend le sol beaucoup moins salé, et la Fourmi halophile *M. subopacum* manque. *Tapinoma simrothi* (forme typique) pullule, et fait de 65 à 100 % des nids aux bords même des seguias argileuses d'arrosage. Grouillant sur les Palmiers et toutes plantes, de jour et de nuit, elle est sûrement très nuisible.

En résumé, *Tapinoma simrothi*, originaire probable, du Moyen-Orient, supporte l'air sec mieux que les autres espèces du genre, exige des lieux inondables ou arrosés, entretient souvent des Cochenilles dans son nid, et constitue la seule Fourmi réellement nuisible en Afrique du Nord et au Sahara. Encore commune en Corse, Espagne et Sardaigne, elle est beaucoup plus rare en France continentale, où sa présence authentique n'est même pas certaine.

4. ***Paratrechina fulva*** Mayr. (fig. 1, P). — Cette Fourmi sud-américaine, de petite taille, abonde depuis le nord de l'Argentine jusqu'aux Antilles, avec plusieurs races et variétés dont la teinte varie du jaune foncé (type) au brun (st. *cubana* Sant.). Jusqu'ici, elle n'a été signalée ni dans l'ancien monde, ni comme nuisible. Sa découverte près de Saint-Raphaël (Var) est donc inattendue, et peut se décrire en relatant mes comptages de fourmilières dans le parc de Santa-Lucia :

Ce parc, d'environ un kilomètre sur deux, est établi au bord de la mer, à deux kilomètres au nord de Saint-Raphaël. Boisé en Pins, il contient une vingtaine de villas, un château et des cultures potagères et florales assez denses. En 1938, la faune de Fourmis était comparable à celle de tous les jardins de la Côte d'Azur (régions siliceuses), soit :

Pheidole pallidula : 40 % ; *Plagiolepis pygmæa* : 20 % ; *Camponotus cruentatus* : 10 %. *Lasius alienus* (voir page suivante) : 10 % ; *Messor barbara* : 8 % ; 4 autres Fourmis : 12 %, notamment *Bothriomyrmex meridionalis bernardi* Sant. : 2 %.

L'ensemble dénote des espèces peu nuisibles (sauf *Lasius*), et l'absence des *Tapinoma* est attribuable au manque d'argile et à leur remplacement par le *Bothriomyrmex*. La Fourmi d'Argentine n'avait pas encore atteint ce quartier.

En avril 1940, il y avait, en plus des précédentes, environ 3 % de *Paratrechina fulva* (que je n'ai pu déterminer à l'époque), et 10 % d'*Iridomyrmex*. Le *Lasius alienus* était passé de 10 à 20 %, à cause de l'accroissement des cultures et de l'arrosage dû aux circonstances de guerre.

En septembre 1942, le total des Fourmis nuisibles s'était élevé à 55 %, au lieu de 33 en 1940, grâce à *Paratrechina* : 32 %; *Lasius* : 20 %; *Iridomyrmex* : 3. L'espèce importée avait donc fait reculer sa compatriote *Iridomyrmex*, sans diminuer les *Lasius*.

A mon retour en France (juin 1946), le parc de Santa-Lucia était entièrement envahi par le *Paratrechina*, pullulant sous toutes les pierres, sur tous les arbres et dans les maisons. Ceux des habitants qui avaient vu ailleurs la Fourmi d'Argentine (*Iridomyrmex*) disaient toutefois que la nouvelle venue était moins nuisible, et ne semblait pas active en plein hiver comme la précédente. Aucune autre espèce n'a pu être trouvée, mais l'invasion paraissait se limiter au parc : nous verrons que le littoral voisin (Saint-Raphaël, Boulouris) est surtout peuplé par *Pheidole* et *Lasius*.

En 1949, ce dernier (*Lasius alienus*) était réapparu à Santa-Lucia, refoulant le *Paratrechina* qui ne faisait plus que 70 % des nids. Pourtant, l'hiver 1948-1949 a été peu rigoureux, l'été 1949 très chaud (mais aussi très sec, ce qui a peut-être nui au *P. fulva*). Il sera intéressant de suivre chaque année l'avancée ou la régression de cette nouvelle venue.

P. fulva, pour un non spécialiste, ressemble beaucoup au *Lasius alienus* par la couleur et l'allure. Mais, à la loupe, les gros yeux antérieurs, la tête subcarrée, et surtout les forts poils raides épars sur tout le corps, sont très caractéristiques du genre *Paratrechina*, sous-genre *Nylanderia*. Ce sont des Fourmis tropicales, dont plusieurs cosmopolites, mais rarement signalées en plein air dans les pays tempérés. L'essaimage, avec mâles bien plus petits et jaunâtres que ceux du *Lasius*, a lieu en juin.

5. ***Lasius alienus*** Förster (fig. 1, L). — Insecte extrêmement banal en Europe, jusque dans le sud de la Scandinavie, et vers 2.000 mètres dans les Pyrénées. Il est souvent considéré comme une simple race du *Lasius niger* L., dont il diffère par la teinte plus claire (thorax roux), la taille plus petite (2,5-3,5 au lieu de 3-4 mm), et surtout l'absence de poils dressés sur les appendices. En fait, je crois préférable de le donner comme espèce distincte, pour trois raisons :

1° La pilosité raide, sensorielle, a une grande importance systématique, chez les Fourmis comme chez les autres insectes ;

2° Dans son excellent travail de 1938, R. Clausen a montré que les genitalia du mâle différaient notablement de celles de *niger*, surtout pour les valves externes et la plaque sous-génitale. L'hybridation est-elle possible? C'est douteux, car la synonymie de la variété *alieno-nigra* de Forel reste à établir : elle est

peut-être identique à *lasioides*, espèce méditerranéenne très distincte, vivant surtout dans les troncs d'arbres.

3° L'écologie d'*alienus* est particulière, et lui donne des avantages sur *niger* pour peupler les lieux fréquentés par l'homme : il supporte, bien mieux que *niger*, l'arrosage, l'inondation, l'incendie, et la richesse en excréments animaux: les hauts pâturages des Alpes, quand ils sont trop garnis de moutons, sont désertés par *L. niger*, et seul subsiste *alienus*, pourtant moins tolérant vis-à-vis du froid.

Donc, *L. alienus* pullule dans la plupart des jardins, si *Tapinoma* et *Iridomyrmex* n'y trouvent pas de milieu avantageux. C'est le cas pour les propriétés des environs de Marseille, trop froides en hiver pour les deux concurrents possibles, pour toute la vallée du Rhône, les Pyrénées, etc...

En France centrale, d'autres *Lasius* (*emarginatus, flavus*, etc...) détrônent généralement l'*alienus*. En Corse et Afrique du Nord, *alienus* a été introduit en divers points par des bateaux, mais ne semble nulle part dominer sur *Tapinoma simrothi et nigerrimum*, vrais rois des jardins algéro-marocains. La Tunisie, plus sèche, lui réussit encore moins. J'ai trouvé au maximum 14 % de *Lasius alienus* aux environs de Rabat et d'Ifrane (Maroc).

Dans la nature méditerranéenne du Var, un facies très propice au *Lasius* est constitué par les amas de Posidonies, ces Monocotylédones marines faisant des banquettes littorales salées. A Boulouris, près de Saint-Raphaël, on y trouve : *Lasius alienus* : 76 % ; *Tetramorium cæspitum* : 10 % ; *Plagiolepis barbara* : 10 % ; *Pheidole pallidula* : 4 %. D'une façon générale, les *Lasius* ont autant besoin d'humidité que les *Tapinoma*, mais ne supportent pas, comme ces derniers, l'inondation hivernale durant plus d'un mois. Aussi manquent-ils dans les bas-fonds argileux, et résistent-ils à l'arrosage uniquement dans les jardins bien drainés ou en pente notable.

Résumé

Aucune mise au point n'avait encore groupé les Fourmis nuisibles de la région méditerranéenne. Le présent essai apporte quelques précisions et observations inédites sur les cinq espèces signalées à cet égard.

Tout d'abord, ces divers Insectes ont en commun des propriétés expliquant leur succès dans les jardins, et non réunies au même degré chez les 300 autres Fourmis méditerranéennes. Les principales sont la résistance à l'arrosage, le grand nombre des reines et la rareté des combats entre nids voisins de la même espèce.

Un tableau de détermination pratique permet de distinguer entre elles, à la loupe, les cinq formes étudiées. L'odeur et l'allure sont également caractéristiques, surtout pour les Tapinoma.

Les capacités d'envahissement de la Fourmi d'Argentine (Iridomyrmex humilis Mayr) *ont parfois été exagérées : dans le Var, ses besoins d'humidité atmosphérique la limitent à la zone littorale, et plusieurs Fourmis indigènes arrivent à la repousser. En Afrique du Nord, l'existence du vivace* Tapinoma simrothi *paraît suffire à empêcher l'installation d'*Iridomyrmex. *Cette dernière est capable de marcher en colonnes sur la mer et d'y capturer des Chironomides au fur et à mesure de leur éclosion.*

Tapinoma nigerrimum Nyl. *prospère surtout dans les bas-fonds argileux inondés en hiver. Elle commet des dégâts dans les cultures du Var et des Alpes-Maritimes, souvent loin de la côte, ainsi qu'en Afrique du Nord.*

Tapinoma simrothi Krausse *supporte l'air sec mieux que la précédente, mais a besoin aussi d'inondation passagère. C'est de loin l'espèce la plus nuisible au Maroc, en Algérie et en plein Sahara. Des comptages de fourmilières en sept stations permettent des conclusions sur son écologie particulière.*

Paratrechina fulva Mayr, *forme sud-américaine banale,* a été *introduite près de Saint-Raphaël (Var) vers 1938, et ne paraît pas s'étendre loin, bien qu'elle puisse refouler* Iridomyrmex *et* Lasius.

Enfin, Lasius alienus Förster, *très répandu en Europe, prédomine là où le sol et l'humidité ne favorisent pas les autres Fourmis nuisibles : il fait, près de Marseille, presqu'autant de dégâts que la Fourmi d'Argentine dans le Var, mais cède la place aux* Tapinoma *en terrains inondables.*

Toutes ces espèces semblent justiciables des mêmes procédés de lutte, et la note ci-dessus résume simplement leurs différences morphologiques et biologiques.

BIBLIOGRAPHIE

1° *Classification et biologie des Fourmis méditerranéennes*

En attendant le volume de la *Faune de France* (à paraître vers 1952), le livre de détermination le plus récent est encore : Emery (C.). Fauna entomologica italiana. I. Formicidae (*Bull. Soc. ent. ital.*, XLVII, pp. 1-202, 1916). Le travail de R. Clausen (1938) figure les genitalia d'espèces de Suisse.

Anonyme. — La Fourmi des jardins.: *Tapinoma simrothi* (*Memento n° 34 de la Défense des Végétaux du Maroc,* Rabat, 1939, pp. 1-11).

Bernard (F.). — Répartition des Fourmis en Afrique du Nord (*Bull. Soc. Hist. nat. Afr. du Nord,* vol. 35, 1944, pp. 117-124).

— Notes sur l'écologie des Fourmis en forêt de Mamora (Maroc) (*Ibid.*, vol. 35. pp. 125-140).

— Les Insectes sociaux du Fezzân : Comportement et biogéographie (*Inst. des Rech. sahariennes, Université d'Alger, Mission du Fezzân*, vol. V, 1948).

— Notes sur les Fourmis de France. II. Peuplement des montagnes méridionales (*Ann. Soc. entom. France*, pp. 1-39, 1948).

Ledoux (A.). — La ponte des ouvrières de la Fourmi-fileuse (*Oecophylla longinoda Latr.*) (*C. R. Acad. Sc.*, Paris, t. 228, p. 1.154, mars 1949).

Clausen (R.). — Untersuchungen über den männlichen Copulationsapparat der Ameisen, speziell der Formicinae (*Mitt. schweiz. Ent. Ges.*, XVII, 1938).

2° *Principaux travaux sur Iridomyrmex humilis*

Back (E. A.). — House Ants (*U. S. Dep. of Agriculture*, leaflet n° 147, 1946).

Barber (E. R.). — The Argentine Ant : distribution and control in the United States (*U. S. Dep. of Agric.*, bull. n° 377, 1916).

Bernès (J.). — La Fourmi de l'Argentine dans le Var (*Publi. off. Afr. du Var*, Draguignan, 1927).

Chopard (L.). — La Fourmi d'Argentine (*Iridomyrmex humilis*, var. *arrogans*) dans le Midi de la France (*Ann. des Epiphyties*, t. 7, pp. 237-266, 1921).

Eckert (J. E.) et Mallis (A.). — Ants and their control in California (*Univ. of Calif., College of Agriculture*, Berkeley, Circular 342, 1937).

Hertzer (L.). — Response of the Argentine Ant to external conditions (*Ann. Ent. Soc. Amer.*, t. 23, pp. 597-600, 1930).

Marchal (P.). — La Fourmi de l'Argentine (*Bull. Soc. ét. vulg. zool. agr.*, 1917).

Marchal (P.) et Poutiers (R.). — La Fourmi de l'Argentine (*C. R. Acad. agr.*, VI, p. 315, 1920).

Poutiers (R.). — L'Etat actuel de la lutte contre la Fourmi d'Argentine en France (*Ann. Epiphyties*, t. IV, p. 301, 1922).

Smith (M. R.). — Distribution of the Argentine Ant the in the United States, and suggestions for its control or eradication. (*U. S. Dep. of Agric.*, circular n° 387, 1936).

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE ET A LA DESTRUCTION DU HANNETON (*MELOLONTHA MELOLONTHA L.*)

OBSERVATIONS ET ESSAIS EFFECTUÉS A SARREBOURG EN 1949

PAR

R. Gasser et R. Wiesmann

I. — Introduction et données du problème

Nous nous sommes efforcés dès 1945 de résoudre le problème que pose la lutte contre les Hannetons au stade imaginal en traitant, au moyen de différents produits-D.D.T. (Gésarol), les végétaux exposés à la voracité de ces ravageurs. Les essais restreints que nous commençâmes en 1947 nous encouragèrent à entreprendre l'année suivante une action de grande envergure comportant un épandage aérien de poudre de Gésarol (Wiesmann, Gasser et Grob 35). Cette méthode de traitement visait à empoisonner les forêts d'essence feuillue qui assurent aux Hannetons la nourriture nécessaire à leur maturation sexuelle, de manière à détruire les insectes adultes sur place.

Ces essais démontrèrent que la poudre Gésarol permet bien la destruction d'un grand nombre de ravageurs (290 hannetons morts par m^2), mais que l'adhérence de l'insecticide s'avère insuffisante du fait des précipitations pour neutraliser entièrement l'afflux continuel d'insectes aux lisières de forêts, qui se manifeste pendant toute la période assez longue du vol. L'expérience ne connut en conséquence qu'un succès partiel en ce qui concerne la réduction des populations de vers blancs, en raison de la faible persistance du dépôt toxique. Cette constatation nous engagea à tenter la mise au point d'un produit-D.D.T. résistant aux intempéries et susceptibles d'assurer la protection des végétaux durant toute la période du vol, puisque son adhérence prolongée devait permettre d'en espérer une efficacité d'ingestion certaine, en plus de l'action de contact habituelle.

Revue de Pathologie végétale
et d'Entomologie agricole de France
t. xxix - nos 1-2 - janv.-juin 1950

II. — **Région soumise à l'essai** (voir carte I)

Etant donné qu'en 1949 le vol devait avoir lieu en Suisse dans une zone relativement limitée (Schneider-Orelli, 26), nous nous vîmes contraints de recourir, pour notre expérience, à une région de France (cf. Régnier, 18).

Nous fûmes autorisés à effectuer nos essais dans les environs de Sarrebourg, grâce à l'amabilité de M. Régnier, directeur du Laboratoire de Zoologie Agricole du Nord-Ouest, et de M. E.-A. Cairaschi, inspecteur du Service de la Protection des Végétaux à Strasbourg. M. A. Gammel, directeur de l'Ecole d'Agriculture de Sarrebourg eut également la complaisance de nous assister sans compter, et de nous permettre de prendre connaissance de ses documents relatifs aux dégâts de vers blancs en 1947-1948, ainsi que des observations météorologiques pour l'année 1949. Nous exprimons à ces messieurs notre sincère gratitude pour la manière dont ils ont facilité la réalisation de notre entreprise.

L'essai de Sarrebourg représentait une participation à la vaste campagne de lutte lancée par le gouvernement français en 1949 contre le régime de vol II (vol uranais) le plus important dans ce pays. (Etrepagny et Monthureux-sur-Saône) [Cf. Ballu (1), Cairaschi (6), Régnier et Joary (19), Régnier et Arnoux (20), Trouvelot (29, 30, 31).] La forêt soumise à notre expérience est située au nord-ouest de Sarrebourg, au nord de la route nationale Sarrebourg-Metz. Elle se compose de deux bois : celui de Rinting et l'Oberwald. Tous deux couvrent la pente assez douce d'une colline de 300 à 320 mètres d'altitude dominant le haut plateau lorrain. Cette forêt se compose principalement de vieux Hêtres et de Charmes parmi lesquels sont disséminées d'autres essences feuillues, telles que de nombreux Chênes, des Erables champêtres et des Peupliers trembles. La forêt est bordée d'un sous-bois remarquablement compact.

La lisière sud fut choisie pour l'essai : elle s'étend entre Winkelhoff et les hauteurs de Bebing. D'aspect très irrégulier elle montre des renfoncements très prononcés à Saint-Hubert et près du domaine de Rinting. Aux approches de Saint-Hubert le terrain cultivé s'enfonce fort avant dans la forêt, coupant ainsi presque complétement le bois de Rinting de l'Oberwald.

Près de Rinting, la forêt est presque divisée par une large bande de terre ouverte, sur laquelle se trouve le domaine de Rinting. La campagne bordant la forêt dans le secteur de Saint-Hubert comprend surtout des pâturages à chevaux, parsemés de petits bosquets de Chêne et de Prunelliers, ainsi que quelques champs. Le secteur situé plus à l'ouest, limité au sud par la route

CARTE I. — Région soumise à l'essai

- lisière traitée;
- (1-6) postes de contrôle du vol;
- (I-IV) écrans de sortie;
- piste de fortune.

CARTE II. — Degré de l'invasion des lisières

- nulle ou presque nulle;
- très faible;
- médiocre ou forte;
- très forte.

Orientation du vol forestier..

Zones de Vers blancs (I-VIII).

Parcelles de contrôle quotidien (1-3) .....

Contrôle des arbres secoués (S 1-S 6) .....

Trappe .....

nationale, se compose presque essentiellement de pâturages, tandis qu'autour de Rinting le tiers du terrain est en culture.

Les pâturages sont de maigres prairies au sol excessivement dur et sec, tassé par le passage quotidien d'un grand troupeau de moutons. Les champs, où l'on cultive principalement le blé, le colza, les betteraves et les pommes de terre, comportent aussi un sol grossier et dur. L'agriculture pratiquée dans la région est très extensive.

De même que dans la région de Saint-Hubert, on observe dans les terrains avoisinant Rinting de très nombreux bosquets d'étendue variable. Il est vrai qu'ils ne se trouvent pas en aussi grand nombre que de l'autre côté des bois de Rinting, soit dans la région de Haut-Clocher et de Kerprich-aux-Bois, où le terrain de culture, fortement morcelé, est entouré de boqueteaux très touffus.

La région comprise dans notre essai est caractérisée par un climat rude et venté; les gels printaniers n'y sont pas rares : ce fait est confirmé par les pousses tardives et irrégulières que présentent les essences forestières feuillues, particulièrement les Hêtres. Toute la région est assez pauvre en pluie : la moyenne des précipitations de Sarrebourg atteint 700-800 mm (comparez le climatogramme graphique 1).

III. — **Travaux préliminaires**

1. Préparatifs techniques

a) *Avion.* — Bien que le traitement de lisières puisse être généralement effectué à l'aide d'appareils terrestres (atomiseurs), l'intervention de l'avion s'avère cependant nécessaire pour assurer rationnellement la protection de certains secteurs étendus. L'application aérienne nécessite l'emploi d'un type d'avion courant, économique, aisément maniable et sur lequel il est possible de monter un pulvérisateur.

Le Piper Cub L 4 (*) est le modèle répondant actuellement le mieux à ces exigences. Mentionnons très brièvement les caractéristiques techniques de cet appareil : 65 CV; charge utile, 220 kg, y compris le pilote et le carburant; tare, 330 kg, envergure 10,7 m; longueur 6,82 m; consommation 18 litres d'essence à l'heure; vitesse minimum de vol avec charge complète, 90 km à l'heure; vitesse minimum d'atterrissage, 65 km à l'heure; longueur minimum de la piste d'envol environ 200 m. Le grand désavantage du Piper Cub L 4 réside dans sa faible capacité de

(*) Le Piper « Bebbi » fut aimablement mis à notre disposition par la Société Bâlair, aérodrome Sternenfeld, Bâle-Birsfelden.

charge (environ 90 kg) à laquelle on peut partiellement remédier en adoptant un pulvérisateur aussi léger que possible et en faisant usage d'une bouillie insecticide très concentrée.

Bien que nous nous soyons vu contraints d'employer un Piper Cub L 4, nous estimons que l'hélicoptère est l'appareil idéal pour ce genre de traitement. L'irrégularité des lisières envahies par les Hannetons crée au pilote des difficultés presque insurmontables et exige de lui une très grande habileté. L'usage d'un hélicoptère résoud ces difficultés dans une large mesure : il est à souhaiter que de tels appareils puissent jouer bientôt leur rôle dans de semblables entreprises à des conditions économiquement acceptables.

b) *Appareils de pulvérisation.* — La buse Venturi a servi de modèle pour l'appareil que les ateliers Geigy réalisèrent sous la direction du Département de construction (*). Le type original, décrit par R. J. Rice et al. (22), fut utilisé par ces auteurs pour l'application de solutions insecticides sur des nappes d'eau dans la lutte contre les moustiques. Les gaz d'échappement sont chassés à travers une tuyère à une vitesse de 200-400 kmh et pulvérisent la solution insecticide injectée centralement au point de leur passage le plus rapide. La finesse du brouillard peut varier du « Spray » grossier à « l'Aérosol », selon la forme de la buse et la quantité de solution entraînée. Les essais préliminaires démontrèrent que ce type de pulvérisateur ne se prêtait pas à l'usage prévu, notamment à cause de son débit trop faible. Nous avons remplacé, en conséquence, l'admission de l'insecticide au travers d'une conduite centrale, par un élément vertical, d'où la solution se trouve injectée par huit opercules au point d'étranglement de la tuyère (fig. 1). Les essais préliminaires entrepris au terrain d'aviation de Sternenfeld près de Bâle (**) nous amenèrent à conclure que la pulvérisation sous forme d'aérosol se prêtait mal à nos intentions, les brouillards formés, trop légers, étant emportés par le moindre déplacement d'air. La lutte contre les Hannetons impose la nécessité d'applications ajustées, comportant des gouttelettes de 100-1 000 μ de diamètre.

On put constater, en outre, que l'élément amenant la solution à la buse doit être aussi court que possible; son diamètre doit être supérieur à celui qu'exige le débit normal du liquide. La

(*) Nous remercions particulièrement MM. H. Fischer et A. Wyssling pour leur aide.

(**) Ont participé aux essais, outre les collaborateurs techniques déjà mentionnés : MM. A. Gast, H. Keller, C. Kocher, M. Mezener et M. Wittwer, auxquels nous exprimons nos plus vifs remerciements pour leur collaboration. Nous nous permettons de mentionner tout spécialement le rapport de M. H. Keller (12), dont le contenu a servi de base à l'élaboration du chapitre ci-dessus.

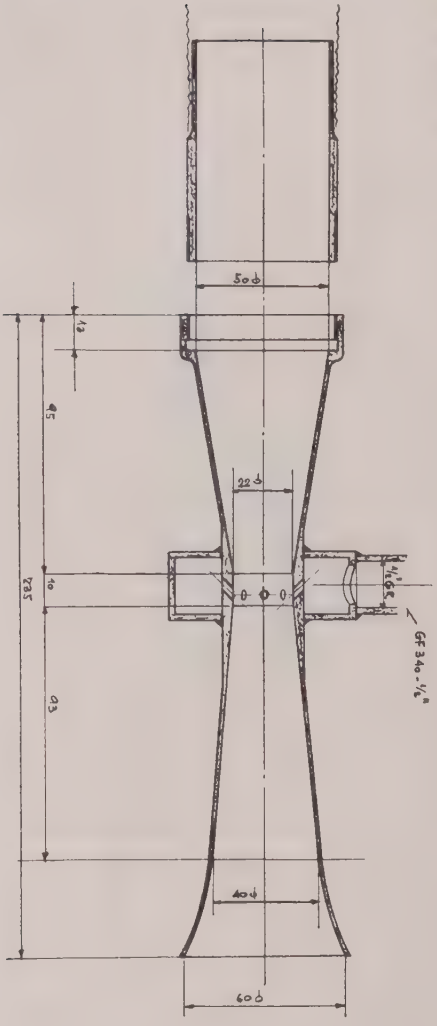


Fig. 1. — La buse (coupe schématique)

succion de l'insecticide par les gaz (effet de la trompe à vide) à laquelle on pouvait s'attendre, s'est trouvée complètement neutralisée, dans le cas particulier, par des phénomènes thermiques résultant du contact, dans la buse, du liquide avec les gaz brûlants. On doit donc considérer qu'il se produit un ralentissement considérable de la vitesse d'émission des gaz, provoqué par un échange thermique entre phases liquides et gazeuses.

Enfin, il s'avéra nécessaire d'accélérer l'expulsion de l'insecticide, étant donné que le débit admissible de l'appareil doit comporter au minimum 25 lt/min., ainsi que nous le montrerons au chapitre suivant. La bouillie fut comprimée dans le réservoir à l'aide d'une cartouche d'acide carbonique; la pression d'une atmosphère s'est révélée parfaitement suffisante. On peut également augmenter le rendement de la buse en élevant la vitesse des gaz d'échappement tout en diminuant la section de la tuyère.

Nos essais ont démontré que la vitesse atteinte dans l'appareil construit par Rice ne peut être augmentée sans diminuer la sécurité du vol et sans risques pour le moteur.

Nous attachâmes, en outre, une importance toute particulière à la largeur du nuage formé, car, à chaque élargissement de cette nappe doit correspondre une augmentation du débit de l'insecticide, si la concentration du produit doit rester constante par unité de surface.

On observe que l'élargissement du nuage ne dépend que pour

une faible part de la construction de la tuyère : l'énergie cinétique des gaz d'échappement est en grande partie consommée par la formation des gouttelettes, de telle sorte qu'il faut recourir à de nouvelles sources d'énergie pour augmenter la nappe de brouillard.

Fig. 2. — Dégâts des Vers blancs

En décalant la buse par rapport à l'axe de vol (fig. 3), la bande de brouillard s'étale sur une largeur de 10 mètres, produisant ainsi la nappe la plus propice : dans ce cas, l'énergie nécessaire à l'élargissement du nuage se trouve fournie par le déplacement d'air de l'avion.

Enfin, on réussit à donner au pilote la possibilité de régler depuis son siège le fonctionnement des appareils de pulvérisation, grâce à certaines adaptations particulières. Le chargement de l'insecticide se fait avec une pompe à main par l'intermédiaire de raccords rapidement démontables, de telle sorte qu'il n'est pas nécessaire d'ouvrir le réservoir pour faire le plein d'essence (fig. 4).

c) *Insecticides.* — Afin d'utiliser au maximum la faible charge utile du Piper Cub L 4, il fallut prévoir soit l'emploi d'un produit à teneur élevée en matière active, obtenu par la dilution d'une émulsion mère huileuse dans l'eau, soit l'utilisation d'émulsions fortement concentrées, particulièrement persistantes.

Les solutions huileuses à 40-50 % de Dichlordiphényltrichloréthane nous semblèrent, à la suite des essais préliminaires, particulièrement appropriées. L'essai aérien démontra que le dépôt appliqué sur du verre ou des feuilles n'exerce une bonne action insecticide que si le produit est déposé en très fines gouttelettes, c'est-à-dire précisément sous forme d'*Aérosol*. Nos analyses, complétées par des calculs précis, révélèrent cependant qu'il se perd jusqu'à 60 % de la substance toxique répandue sous forme d'*Aérosol*, du fait de la finesse des particules, alors même que les conditions météorologiques sont entièrement favorables.

En revanche, nous obtînmes de bien meilleurs résultats avec l'émulsion *Gésarol 9255* (*) (type eau dans huile), qui présente une excellente consistance et qui — pulvérisée en gouttelettes — (permettant de ce fait la formation d'une nappe susceptible d'être dirigée avec précision sur un but déterminé) exerça néanmoins un effet insecticide de tout premier ordre. Dans ce cas, la perte de matière active due à l'envol des particules très fines ne dépassa pas 5 %. La substance active ne se cristallise dans les gouttelettes qu'au bout de plusieurs jours : elle s'applique alors très intimement au substratum. Cette propriété assure une adhérence parfaite du produit tout en protégeant le dépôt toxique du lavage par les intempéries. Nous pûmes constater, à ce propos, que nos traitements effectués en mai contre le Hanneton exerçaient encore en octobre un effet insecticide très sensible (après 150 jours) (fig. 5 et 6). Bien que le dépôt n'ait pas été soumis à des précipitations importantes durant l'été (env. 50 mm), on doit considérer qu'il subit avec succès l'épreuve d'une insolation brutale et d'une exposition prolongée aux vents particuliers à la région.

L'émulsion aqueuse présente l'avantage d'être moins inflammable que la solution. La récupération des gaz du moteur, canalisés dans une longue conduite reliant l'échappement à la buse, diminue considérablement les risques d'incendie, du moment que, grâce à cette installation les gerbes de flammes ne peuvent atteindre directement le produit insecticide.

On peut d'ailleurs écarter pratiquement tout danger de combustion pour les solutions dans le cas d'un retour de flammes, en prenant la précaution de leur incorporer une substance extinctrice.

Des essais entrepris en laboratoire à l'aide d'appareils appropriés montrèrent que l'émulsion comme la solution supportent sans dommage le contact des gaz brûlants (qui peuvent atteindre 300-400° dans la tuyère du type Venturi) et que leur effica-

(*) Cette émulsion a été mise au point par MM. Agthe, Keller et Treboux.

Fig. 3. — Remarquer la buse décalée par rapport à l'axe de vol

Fig. 4. — Le Piper Cub L 4 avec appareils de pulvérisation, buse et pompe pour chargement de l'insecticide

cité insecticide ne s'en trouve aucunement amoindrie. Compte tenu du débit de notre pulvérisateur, nous décidâmes d'adopter, après de multiples expériences, une bouillie à 15 % de matière active, correspondant à une concentration d'emploi de 75 % pour l'émulsion de Gésarol 9255.

En estimant à 3 kg/ha la quantité de produit actif nécessaire pour assurer une protection efficace du volume que représente la forêt, une charge de 75 litres de bouillie permet le traitement de 5 ha, dans le cas d'un brouillard insecticide de 10 mètres de largeur.

Le traitement d'une surface de 5 ha peut être effectué en trois minutes à l'aide d'un appareil volant à une vitesse moyenne de 100 km/heure. Tout accroissement de la vitesse de vol ou tout élargissement de la nappe toxique exige une augmentation proportionnelle du débit de la tuyère.

Le fait que la charge d'émulsion s'épuise en trois minutes a cependant peu de rapport avec la durée effective de l'application, en raison des nombreuses évolutions supplémentaires qu'impose le tracé sinueux des lisières (voir chapitre V).

d) *Aérodrome.* - - Il découle des précédentes considérations que seule une superficie relativement restreinte peut être traitée au cours du même vol. L'organisation rationnelle d'une telle entreprise implique donc la disposition d'une piste d'envol située aussi près que possible du centre des opérations. Nous choisîmes à cet effet, d'accord avec le pilote (*), une prairie de 250×50 m, située au nord-est du domaine de Rinting; la présence d'une fontaine à l'extrémité du terrain offrait l'avantage de permettre la préparation des bouillies sur place (voir carte 1). La préfecture de Metz eut l'amabilité de nous accorder les autorisations nécessaires et de classer notre pâturage comme aérodrome pour la durée de l'essai.

2. Données biologiques

Diverses circonstances nous empêchèrent de nous consacrer avant le 20 avril aux préliminaires biologiques de l'expérience (**).

a) *Dégâts occasionnés par les Vers blancs en 1947-1948.* — Les dégâts occasionnés par les Vers blancs en 1947 étaient encore nettement discernables dans les pâturages au printemps 1949. Seuls les herbages profondément racinés avaient réussi à se maintenir, comme *Plantago lanceolata* et *P. mayor*, ou à en-

(*) Nous remercions vivement M. Wittwer pour son aide technique ainsi que pour ses exceptionnelles qualités de pilote.

(**) Nous tenons à remercier ici nos collaborateurs MM. H. Willimann et H. Brönnimann pour leur travail précieux ainsi que M. Hiltbrunner pour son organisation impeccable.

vahir par semis naturels les surfaces dénudées, comme *Chrysanthemum leucanthemum* et d'autres mauvaises herbes, d'où les graminées avaient pratiquement disparu. Le maigre gazon de ces prés naturels n'était pas en mesure de résister à une invasion de Vers blancs, même relativement faible (fig. 2).

Les ravageurs commirent également de gros dégâts aux cultures: par exemple un champ d'avoine se trouvant dans la région du domaine de Rinting fut complétement détruit. Le blé d'automne qu'on y sema la même année fut également anéanti; si bien qu'on dût labourer la parcelle au printemps suivant et l'ensemencer à nouveau d'avoine. Cette nouvelle culture souffrit elle aussi et ne livra qu'une récolte faible. Le Service de la Protection des Végétaux de Strasbourg a bien voulu mettre à notre disposition la récapitulation des dégâts imputables aux Vers blancs dans la région de Sarrebourg, que nous rapportons au tableau I.

TABLEAU I

Bilan des dégâts de Vers blancs dans la région de Sarrebourg

Commune	Surfaces endommagées en hectares	
	Prairies	Terrain de culture
Hoff	41	5
Imling	49	6
Bebing (*)	85	25
Diane-Capelle	35	7
Kerprich-aux-Bois	25	20
Langatte	35	—
Haut Clocher	80	8
Dolving	30	10
Hesse	45	17

Les Vers blancs occasionnèrent en outre de gros dégâts aux jeunes vergers de cette région.

b) *Densité des Hannetons dans le terrain expérimental.* — Nous avons procédé dans le terrain à 62 sondages de 0,5 m² chacun pour apprécier l'intensité du vol qu'il convenait de prévoir et pour déterminer les emplacements les plus favorables à la pose des écrans destinés à permettre le contrôle de la sortie des insectes parfaits (carte 1).

D'après M. Martin, propriétaire de la ferme de Saint-Hubert, un très fort vol crépusculaire aurait eu lieu le 14 avril déjà, de sorte que les résultats des sondages entrepris à partir du 20 avril

(*) Les dégâts commis par les Vers blancs dans la région de notre champ d'essai sont inclus dans les chiffres de Bebing.

seulement ne donnent qu'une image incomplète de l'invasion (cf. Trouvelot (29)). Insectes parfaits et nymphes se trouvaient rarement à plus de 20 cm de profondeur. Comme tant de fois auparavant, nous pûmes constater, ici encore, une grande irrégularité dans la répartition des ravageurs. Populations nombreuses et négligeables voisinaient littéralement, sans qu'on puisse mettre ces fluctuations en rapport avec la configuration du terrain. Le maximum de 21 Hannetons par m² ne fut atteint qu'à deux reprises.

TABLEAU II

Fréquence des Hannetons dans le terrain d'essai

29	sondages	dénombrèrent	la présence de	0	Hanneton	par 0,5 m²,	total	0 Hanneton
8	»	»		1	—	»	»	8 »
6	»	»		2	»	»	»	12 »
4	»	»		3	»	»	»	12 »
4	»	»		4	»	»	»	16 »
3	»	»		5	»	»	»	15 »
3	»	»		6	»	»	»	18 »
4	»	»		7	»	»	»	28 »
1	»	»		10	»	»	»	10 »
2	»	»		12	»	»	»	24 »
64	au total						Total	143 Hannetons

Le tableau II montre une densité de 1 43 Hannetons pour 32 m². soit une moyenne de 4.5 insectes par m². Non loin du poste de contrôle de vol n° 3 (carte 1), nous réussimes à déterminer le nombre de Hannetons se trouvant dans le sol par un procédé différent. Nous comptâmes le long d'une pente maigrement enga-

TABLEAU III

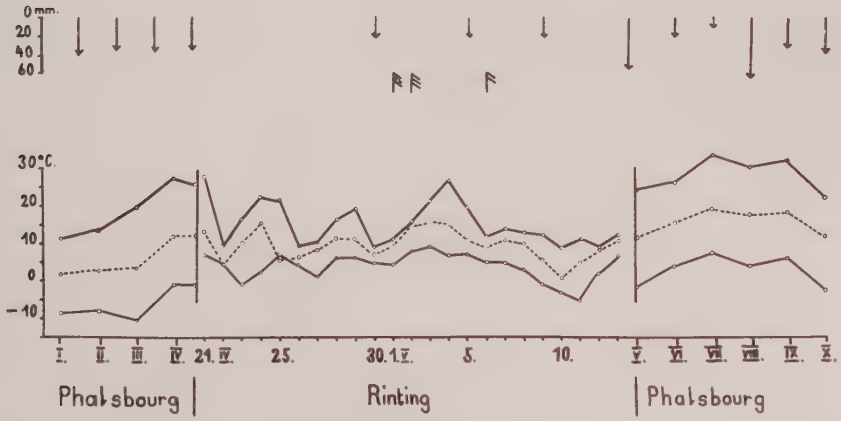
Fréquence des trous de sortie de Hannetons sur une surface de 50 m², au poste de contrôle du vol n° 3

Nombre de trous par m²					
0	sur 12	emplacements	=	0	Hanneton
1	» 2	»	=	2	»
2	» 1	»	=	2	»
3	» 1	»	=	3	»
4	» 4	»	=	16	»
5	» 3	»	=	15	»
8	» 4	»	=	32	»
9	» 2	»	=	18	»
15	» 9	»	=	135	»
19	» 4	»	=	76	»
20	» 2	»	=	40	»
27	» 2	»	=	54	»
28	» 1	»	=	28	»
29	» 2	»	=	58	»
30	» 1	»	=	30	»
Total :	50	emplacements	=	509	Hannetons

zonnée les trous de sortie restés intacts dans le sol dur sur une surface de 50 m² [cf. tableau III].

Les comptages effectués sur cette déclivité nous permettent d'établir, à 10 insectes environ, la moyenne par m².

L'importance de l'attaque à cet endroit peut être due soit au nombre de pontes que les femelles y déposèrent, soit au fait que les conditions de développement y furent particulièrement propices et que la mortalité des Vers blancs y demeura moins élevée qu'ailleurs.



GRAPHIQUE I. — Climatogramme

Observations de Phalsbourg (par mois)

——— T° max.; précipitations ↓

..... T° moyenne;

——— T° minimum.

Observations de Rinting (par jours)

——— T° à 12 h.; précipitations ↓

..... T° à 20 h.;

——— T° à 7 h. ≈ vent

c) *Sortie des insectes parfaits.* — Deux écrans de 4×6 m furent disposés sur deux emplacements différents du secteur d'essai de manière à permettre le contrôle de la sortie des insectes parfaits. Ces écrans étaient constitués de gazes tendues sur des listes placées aux points où les sondages avaient mis à jour un grand nombre de Hannetons. Le nombre de captures effectuées entre le 21 avril et le 12 mai est indiqué dans le tableau IV.

Les observations furent interrompues le 10 mai aux écrans 3 et 4, aucune capture n'ayant été enregistrée depuis le 6 du même mois. Les écrans 1 et 2 nous furent volés le 13 mai, aussi ne pouvons-nous dire si la sortie s'est prolongée au-delà du 12 à leur emplacement.

TABLEAU IV

Contrôle de sortie des insectes parfaits

Date	Nombres d'insectes parfaits sortis							Température	
	Ecran 1+2		Ecran 3+4		Total		♂ + ♀	du sol	de l'air
	♂	♀	♂	♀	♂	♀			
21 avril . . .	1	2	2	2	3	4	7	10°	25°
22 avril . . .	—	—	—	—	—	—	—	6°	7°
23 avril . . .	7	14	6	5	13	19	32	8°	13°
24 avril . . .	1	14	12	15	13	29	42	10°	21°
25 avril . . .	4	7	1	9	5	16	21	5°	20°
26 avril . . .	1	4	2	1	3	5	8	6°	8°
27 avril . . .	5	7	3	10	8	17	25	6°	9°
28 avril . . .	23	61	7	8	30	69	99	9°	15°
29 avril . . .	13	22	5	7	18	29	47	9°	17°
30 avril . . .	2	7	—	—	2	7	9	5°	12°
1er mai . . .	11	13	2	2	13	15	28	10°	10°
2 mai. . . .	12	31	3	9	15	40	55	10°	14°5
3 mai. . . .	10	13	3	1	13	14	27	12°	20°
4 mai. . . .	2	6	2	1	4	7	11	13°	23°
5 mai. . . .	1	8	2	2	3	10	13	11°	15°
6 mai. . . .	2	3	0	0	2	3	5	10°	10°
7 mai. . . .	4	3	0	0	4	3	7	10°	12°
8 mai. . . .	3	7	0	0	3	7	10	11°	10°5
9 mai. . . .	2	1	0	0	2	1	3	7°	8°
10 mai. . . .	1	1	—	—	1	1	2	8°	6°5
11 mai. . . .	0	0	—	—	0	0	0	7°	10°
13 mai. . . .								6°	8°
Total. . . .	105	224	50	72	155	296	451		

Entre le 21 avril et le 12 mai, nous dénombrâmes dans les 4 écrans un total de 451 Hannetons, soit une moyenne de 4,7 insectes par m², dans la proportion de 34 % de mâles pour 66 % de femelles.

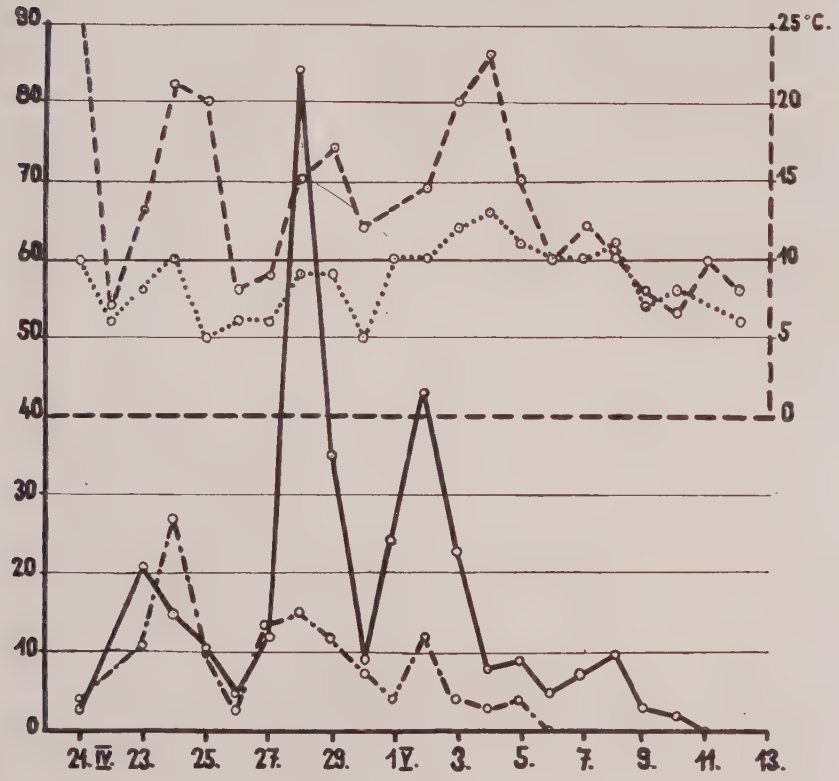
Ce déséquilibre du rapport des sexes ne peut s'expliquer qu'en admettant une forte sortie de mâles avant le début des contrôles.

Notre hypothèse est doublement étayée par le fait que des vols avaient eu lieu dès le 14 avril et par la prédominance des mâles au début de nos observations en lisière de forêt à partir du 21 avril (cf. tableau VII).

Nos observations se vérifient ainsi avec les constatations de Régnier (18) aux termes desquelles les mâles quittent le sol plus tôt que les femelles, dont le vol se prolonge, en outre, au cours d'une assez longue période. Soulignons, d'autre part, que la grande majorité des populations ne comportait que des individus de très petite taille et que les adultes de dimensions normales

étaient fort rares. Nous ne rencontrâmes que des insectes à peu près glabres, aux tergites thoraciques d'un noir brillant.

La prépondérance des *formes atrophiées*, déjà remarqués par



GRAPHIQUE II. — Sortie des Hannetons

écrans I et II; ..... température du sol à 20 h.;
— · — écrans III et IV; ▬▬ température de l'air à 12 h.

Ordonnée : nombre de Hannetons sortis

BIERI (2) en 1948 dans la région de Langenthal, est probablement due à la pauvreté et la sécheresse des prairies naturelles de la contrée. Le polissage du corps des adultes est consécutif à leur passage au travers des couches dures et sèches du terrain.

Nous rapportons au graphique 2 la sortie des insectes parfaits aux deux postes de contrôle. A l'emplacement des écrans 1 et 2 (lisière ouest du domaine de Rinting, carte 1), la densité des

adultes dans le sol s'élevait à 329 individus contre 122 seulement, à l'emplacement 3 et 4 (route nationale au sud-est de Rinting). En conséquence, les pointes des courbes d'éclosion furent plus importantes pour les écrans 1 et 2 que pour les écrans 3 et 4; on constate cependant que leurs dates coïncident à deux reprises (28 avril et 2 mai) alors que dans un autre cas, elles ne sont distantes que de 24 heures (23 et 24 avril).

L'examen des thermogrammes montre que la sortie des insectes est dépendante de la température diurne, c'est-à-dire de l'insolation, alors que le vol vers la forêt est essentiellement influencé par la température crépusculaire. Lorsque la température méridienne tombe au-dessous de 10°-12° C., le nombre des individus émergeant du sol demeure infime (22, 26, 27 et 30 avril). Les sorties les plus fortes furent régulièrement enregistrées au cours des journées chaudes, suivant une période relativement froide, dont il semble résulter ainsi une manière d'effet cumulatif. Selon nos observations, la sortie se termina le 11 mai dans les écrans 1 et 2 et le 6 mai dans les écrans 3 et 4. Elle s'étendit donc, dans la région expérimentale, sur une période de 28 jours, du 14 avril au 11 mai. La durée des apparitions montre clairement à quelle épreuve se trouve soumise la persistance des insecticides.

Les conclusions de nos essais de 1948 [Wiesmann, Gasser et Grob (35), Gasser (11), Wiesmann et Gasser (36)] aux termes desquelles seuls les produits dotés d'une efficacité prolongée peuvent être mis en œuvre avec succès contre les Hannetons, se sont trouvées confirmées par l'expérience de 1949. De plus il nous fallut admettre qu'un traitement de grande envergure ne peut être répété, mais que, pour être rentable, il doit être appliqué en une seule opération. On retrouve entre les dates de fin de sortie aux écrans 1 et 2, d'une part, et 3 et 4, d'autre part, presque le même intervalle (cinq jours) que l'on constate entre les maximum des deux postes de contrôle (écrans 1 et 2 : 28 avril; écran 3 et 4: 24 avril).

Cet écart est dû sans doute à l'exposition différente des deux emplacements. Les écrans 3 et 4 étaient placés sur une pente orientée au sud-est, tandis que les écrans 1 et 2 étaient disposés sur un versant ombragé. Cette observation peut s'avérer précieuse à l'occasion d'une campagne ultérieure contre le Hanneton.

Il convient de considérer que certains secteurs apparemment épargnés au début de l'essai peuvent être soudainement envahis en fin de période par une vague d'individus tardifs. De telles zônes doivent faire l'objet d'une surveillance quotidienne lorsqu'elles n'ont pas subi le traitement.

IV. — Vols des Hannetons à Sarrebourg en 1949

De même qu'en 1948, nous nous sommes efforcés d'établir une solide base biologique aux essais de 1949, en étudiant le comportement des adultes au cours d'un séjour permanent et prolongé dans la région expérimentale [cf. Régnier (17), Régnier et Hurpin (21), Viel (31)]. Nous pûmes obtenir ainsi d'intéressantes indications sur l'évolution imaginale du Hanneton et sur l'efficacité de l'application insecticide dans les lisières soumises à l'essai.

Nous faisons usage des expressions suivantes [cf. Meunier (14)] pour caractériser le vol des Hannetons :

Vol forestier = Vol des champs à la forêt.
Motif : activité nutriciale de maturation sexuelle.

Vol de ponte = Vol de la forêt aux champs.
Motif : oviposition.

Vol de retour = Retour des femelles à la forêt, après la ponte.
Motif : poursuite de l'activité nutriciale de maturation.

Vol crépusculaire = Vol des Hannetons au crépuscule, comprenant les trois vols précités.

1. Vol forestier. Selon nos observations, les adultes émergent du terrain surtout pendant les heures diurnes et particulièrement en fin d'après-midi. Ils se tiennent immobiles au sol jusqu'au crépuscule. A ce moment, soit dès 20 heures environ, les insectes s'agitent et commencent à se hisser sur les herbes. Ils font bientôt des tentatives d'envol, bruissent, prennent l'air, croisent quelques instants au ras du sol pour gagner finalement d'un trait les lisières de forêt selon un parcours ne dépassant généralement pas 20-30 cm au-dessus du terrain et n'excédant pas 2 m au plus.

Cette remarque s'oppose aux constatations faites en 1948 à Torny-le-Grand, où le vol forestier s'effectuait à une altitude jusqu'à 20-40 m. La disposition topographique des deux contrées explique clairement cette différence. Aux environs de Torny-le-Grand, la lisière de forêt se trouve, en effet, à un niveau inférieur à celui de la plaine, alors que la situation est inversée dans la région de Sarrebourg, où le bois se dresse sur une hauteur, tandis que le champ, d'où les Hannetons prennent leur vol est localisé dans une dépression sise en contre-bas.

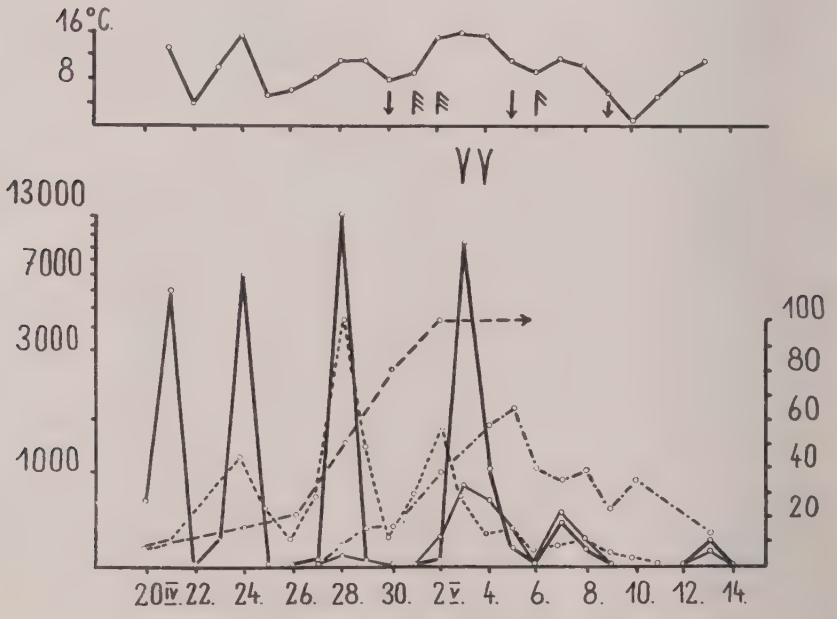
En 1949 comme en 1948, le vol crépusculaire fit l'objet d'une observation systématique tout au long de la période de sortie. A cet effet, nous nous postâmes chaque jour, dès 19 heures, au même endroit pour dénombrer les Hannetons gagnant ou quit-

tant la lisière du bois et dont la silhouette se découpait nettement sur le ciel clair. Les six postes de contrôle, d'où les comptages furent effectués, sont portés sur la carte de la région (carte 1).

Seuls les postes 1 et 5 furent maintenus pendant un temps prolongé; les résultats qui y furent enregistrés sont particulièrement intéressants et servirent à l'établissement du graphique des vols forestiers et des vols de ponte auxquels nous nous référons ci-dessous (graphique 3).

L'ensemble des observations sur le vol crépusculaire est récapitulé au tableau V. Comme nous l'avons signalé, le vol forestier débuta autour du 14 avril; il fut d'abord considérable, grâce aux températures très élevées pendant les fêtes de Pâques, les 17 et 18 avril, mais s'interrompit ensuite complétement jusqu'au 20 avril en raison d'un retour de froid accompagné de pluie.

Par contre, les journées des 21, 24, 28 avril et 3 mai, sont ca-



GRAPHIQUE III. — Vol des Hannetons

vol forestier } (échelle
vol de ponte } logarithmique)
Ordonnées : nombre de Hannetons.

sortie du sol (échelle jusqu'à 100);
% de la feuillaison;
% de femelles matures

V traitement; ↓ précipitations; ≋ vent

ractérisées par une activité très intense, après quoi le vol forestier diminue constamment pour s'interrompre définitivement entre le 10 et le 14 mai. La migration forestière des jeunes adultes avait ainsi duré presqu'un mois entier. D'autres informations relatives au vol forestier sont rapportées aux pages 68 et 71.

TABLEAU V

Vol crépusculaire

Date	Vol forestier au poste de contrôle						Vol de ponte au poste de contrôle						Température	
													de l'air 20 h.	du sol 20 h.
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
20 avril . . .	232				653		7				1			
21 avril . . .	400				7.000		12				5		13°	10°
22 avril . . .	0				0		0				0		4°	6°
23 avril . . .	127				208		6				2		10°	9°
24 avril . . .	2.500				8.000		0				0		15°	10°
25 avril . . .	0				0		0				0		5°	5°
26 avril . . .	0				0		0				0		8°	6°
27 avril . . .	11				17		3				0		8°	6°
28 avril . . .	2.713	140	2.063	385	12.990	1.380	107	3	10	6	67	180	11°	9°
29 avril . . .	33	21	0	7	9	62	31	1	0	2	24	21	11°	9°
30 avril . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12°	5°
1er mai . . .	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	9°	10°
2 mai. . . .	306	4	18	20	14	15	172	23	37	21	212	240	14°5	10°
3 mai. . . .	2.711		377		10.444	2.957	547		155		797	1.720	15°5	12°
4 mai. . . .	371		18		1.075	204	286		54		610	891	15°	13°
5 mai. . . .	129		10		139	125	126		60		303	620	11°	11°
6 mai. . . .					8						0		9°	10°
7 mai. . . .					372						469		11°	10°
8 mai. . . .					118						182		10°	11°
9 mai. . . .					1						0		5°5	7°
10 mai. . . .					1						1		1°	8°
11 mai. . . .					3						0		5°	7°
12 mai. . . .					0						0		9°	6°
13 mai. . . .					201						79		11°	10°

Les rapports qui s'établissent entre la sortie des Hannetons et le vol forestier subséquent méritent d'être relevés. Dans la règle, un vol important fait immédiatement suite à une forte sortie : tel fut notamment le cas les 24 et 28 avril. Toutefois, lorsque la température vespérale est trop basse pour le vol forestier, les insectes restent à terre et ne gagnent la forêt qu'au retour d'une

soirée propice, en compagnie des individus apparus entre-temps. (23, 25, 26, 27, 29 avril, 1er et 2 mai, etc.). L'importance des vols forestiers le 28 avril et le 3 mai est probablement due à une concentration de ce genre. Il n'est cependant pas exclu, comme nous le verrons ultérieurement, que les Hannetons sortis la veille s'envolent en plein jour lorsque les conditions du soir précédent les ont empêchés d'atteindre la forêt en temps normal. Le vol crépusculaire est étroitement dépendant de la température. Les conditions régnant entre 19 et 20 heures paraissent déterminantes pour le vol forestier, comme, par la suite, pour le vol de ponte. La sortie du sol, par contre, se trouve conditionnée par la température du terrain pendant les heures diurnes (cf. la page 58).

Le tableau V montre que le vol forestier est nul aux températures suivantes, mesurées à 20 heures :

4° C, le 22 avril, 5° C, le 25 avril, 6° C, le 26 avril, 9° C, le 1er et le 6 mai, etc. Le vol ne fut observé qu'à la température de 10° C, en date du 23 avril. Il semble donc que le vol crépusculaire ne s'effectue qu'à partir de la température minimum de 10° C à 20 heures. (Cf. Rhumbler (24), Neu (16), Riggert (23), Frank (9), Thielmann (32).]

Nous pûmes constater le 30 avril à la lisière dominant Bebing, une remarquable conséquence de l'interruption du vol crépusculaire le jour précédent. Entre 10 et 11 heures, un vol provenant du vallon Rinting se dirigeait en plein soleil vers le bois par une température de 17° C à l'ombre. Une faible brise soufflait en direction de la forêt visée par les insectes. Nous capturâmes 55 individus du vol, déterminâmes leur sexe et le stade de maturité des ovaires chez les femelles. Nous comptâmes 6 mâles et 49 femelles. Parmi ces dernières, 44 n'avaient pas atteint la maturité sexuelle, 3 y parvenaient à peine et 2 étaient matures. L'intestin des femelles immatures était vide, alors que celui des individus plus évolués contenait quelques débris végétaux.

Ces remarques permettent de conclure que ce vol diurne constituait essentiellement une migration forestière d'insectes récemment sortis du sol, à laquelle se trouvaient mêlées quelques femelles gagnant la lisière à partir des buissons de la plaine.

L'examen des éclosions et de l'activité crépusculaire enregistrées la veille soit le 29 avril montre un chiffre important pour les premières alors que le vol forestier s'avère nul. Les Hannetons sortis le 29 avril s'étant accoutumés à la lumière du jour, ont donc gagné la lisière à la faveur de la chaleur croissante. Un vol diurne s'est substitué dans ce cas au vol crépusculaire habituel. Nous doutons cependant que le phénomène se soit étendu à tous les insectes sortis le 29 avril.

Nous nous sommes efforcés de capturer au filet le plus possible d'individus en vol forestier, pour déterminer la proportion numérique des sexes et le degré de maturité des femelles : le résultat des dissections figure au tableau VI.

Le vol forestier crépusculaire comprend ainsi des adultes des deux sexes. La grande majorité des femelles qui le composent (307 sur 346, soit 88 %) viennent de quitter le sol, puisqu'elles sont encore immatures.

TABLEAU VI

Vol forestier

Proportion numérique des sexes; degré de maturité des femelles

Date	Vol forestier					
	♂	♀	♀ matures	♀ ½ matures	♀ immatures	Immatures dans le vol de retour
28 avril . . .	55	87	0	4	83	0
29 avril . . .	3	5	0	2	3	0
30 avril . . .				pas de vol		
1er mai . . .				pas de vol		
2 mai. . . .	25	31	0	1	29	1
3 mai. . . .	54	83	4	17	21	41
4 mai. . . .	11	23	0	2	10	11
5 mai. . . .	13	51	1	4	8	38
6 mai. . . .	13	19	1	2	1	15
7 mai. . . .	7	21	0	1	0	20
8 mai. . . .	0	26	0	0	0	26
	181	346				

Les quelques femelles plus ou moins matures figurant parmi les captures provenaient sans doute des arbres fruitiers des alentours ou des essences d'ornement bordant la route de Beding. Nous viendrons à traiter ultérieurement des individus immatures participant dès une date déterminée aux vols de retour.

2. Activité nutriciale de maturation. — Parallèlement à l'essai de lutte, nous effectuâmes une série d'observations complémentaires sur le développement de la frondaison forestière, la prédilection des Hannetons pour certaines espèces et certaines localisations, l'évolution de la maturation chez les femelles, ainsi que leur comportement par temps froid et venteux, etc.

Les données acquises se sont avérées précieuses, tant pour l'exécution de l'essai que lors de l'établissement des conclusions.

a) *Développement de la frondaison forestière.* — La frondaison forestière se développe de la manière suivante (cf. graphique 3) : le 18 avril, la forêt était encore dénudée. La température estivale des 17 et 18 avril tira les bois de leur sommeil hivernal : le 20 avril marque le débourrement des Chênes, qui portaient déjà quelques petites feuilles par endroits, des Charmes et des Erables champêtres. Les Hêtres, en revanche, ne montraient encore aucune végétation. Les Charmes, les Chênes et les Erables étaient presque complètement verdis le 24, alors que seuls quelques Hêtres rouges commençaient à déployer leur feuillage. Le 26 avril, 1/5 des Hêtres étaient feuillés; cette proportion était passée à 1/3 deux jours plus tard. Le contrôle du 28 avril indiqua que 50 % des Hêtres, des Chênes et des Erables avaient revêtu leur frondaison complète. Le 30 avril, 80 % des Hêtres étaient totalement verts. Le 2 mai, enfin, la forêt était complètement feuillée, à l'exception de quelques Hêtres isolés. Cette évolution montre que les insectes des premiers vols forestiers ne rencontrèrent que des végétaux encore dénudés et ne disposèrent d'une nourriture suffisante qu'à partir du 17 ou 18 avril.

En conséquence, les ravageurs se concentrèrent principalement sur les Chênes frais verdis, qu'ils avaient dégarnis et parfois complétement défeuillés le 28 avril déjà. Il convient de remarquer ici, comme d'habitude, que seul fut dévoré le feuillage externe des branches alors que les parties internes de la couronne demeuraient pratiquement indemnes.

Ce fait est probablement dû à ce que les Hannetons tombent à terre ou s'envolent lorsqu'ils se heurtent à des surfaces dures, telles que des branches, etc.; les insectes ne peuvent donc évoluer librement à l'intérieur de la couronne et ne parcourent que de courtes distances en se déplaçant le long des branches.

b) *Degré d'infestation des essences feuillues.* — Nous avons procédé le 26 avril à l'estimation du degré d'infestation des différentes essences forestières, afin de déterminer les préférences alimentaires des ravageurs. [Cf. Cairaschi (6), Mayer (13), Régnier (18).]

Prunellier : aucune attaque ;
Frêne : aucune attaque;
Eglantier : attaque très faible;
Cerisier sauvage : attaque très faible;
Hêtre pourpre : attaque très faible;
Peuplier : attaque très faible;

Saule : attaque très faible à faible;
Aubépine : attaque très faible à faible;
Noisetier : attaque très faible à faible;
Charme : attaque faible;
Erable champêtre : attaque faible;
Chêne : attaque forte à très forte.

Il est curieux de constater que les Hannetons évitent les Cerisiers sauvages en forêt, alors qu'en terrain découvert ils montrent habituellement une nette prédilection pour les Cerisiers cultivés. Nous ne rencontrâmes qu'exceptionnellement des Cerisiers sauvages envahis pendant toute la durée du vol. Le fait que les Frênes ne furent jamais attaqués et que, comme en 1948, les arbres de cette espèce étaient les seuls indemnes dans les lisières dévastées, est également remarquable. Notons que le Hanneton dévore pourtant volontiers les feuilles du Noyer, proche parent de l'essence précédente. Le 26 avril, les Chênes comptaient parmi les arbres les plus envahis, tandis que les Hêtres, complétement feuillés à cette époque, étaient encore peu attaqués. La situation se modifia cependant par la suite, et le feuillage des Hêtres fut même complétement détruit par endroits, dans la partie septentrionale non traitée de la forêt de Rinting.

Les Pruniers des variétés à pruneaux et mirabelles ainsi que les Cerisiers eurent particulièrement à souffrir dans les vergers de la région, peu abondants il est vrai. Les espèces à pépins furent épargnées, comme d'habitude.

c) *Incidence des haies dans l'activité nutriciale de maturation.* — Les haies, nombreuses dans les campagnes avoisinant la zone expérimentale comportent principalement des Aubépines et des Prunelliers, parmi lesquels apparaissent ici et là quelques Erables, des Eglantiers, des Noisetiers et des Saules. Il nous importait de déterminer, pour la conduite de l'expérience, si ces fourrés contribuaient à la nutrition des Hannetons, et, le cas échéant, dans quelle mesure. Les contrôles successifs effectués les 29, 30 avril, 2 et 6 mai montrèrent que les haies formées exclusivement de Prunelliers étaient régulièrement exemptes de ravageurs, alors qu'on remarquait quelques individus isolés, généralement des mâles, sur les broussailles d'essences diverses. On peut en déduire que les haies ne jouèrent aucun rôle appréciable dans la maturation des femelles. Cette conclusion ne doit toutefois pas être généralisée, car nous observâmes des fourrés fortement envahis, à certaines époques, le long de la route comprise dans le secteur non traité au sud de Kerprich-aux-Bois. Lors de nos essais de 1948, certaines broussailles d'Aubépines et d'Eglantiers avaient même été complétement défeuillées à

Torny-le-Grand. Nous ne pouvons nous expliquer la raison de ces divergences.

d) *Choix des lisières par les Hannetons; orientation du vol.* — Peu avant le début de l'application, nous fîmes un relevé topographique de la lisière à traiter, sur lequel fut porté, dans chaque cas, le degré d'invasion de la localisation correspondante (cf. carte 2). Il est curieux de constater que les Hannetons parurent éviter la plupart des rentrants découpant un angle droit dans la forêt. On n'observait, pareillement, presque aucun ravageur dans la partie septentrionale du bois, contiguë aux terres du domaine de Rinting.

Nous notâmes l'attaque la plus dense dans les lisières parallèles à la route nationale, tant à Rinting qu'à Saint-Hubert; il s'agissait dans ce cas de cornes de bois particulièrement saillantes, composées en majeure partie de Chênes fortement envahis. Considérant la forêt au soir, depuis la région de Rinting, l'observateur ne distinguait clairement que les avancées sylvestres, tandis que les renfoncements de la lisière demeuraient plus ou moins obscurs. Il en va peut-être de même pour les Hannetons, qui se portent ainsi en vols massifs sur les secteurs qui leur sont les plus apparents.

Nous avons également inscrit sur la carte 2 la direction du vol enregistré à Rinting et dans la zone voisine plus à l'est. Le parcours suivi par les insectes était généralement perpendiculaire à la lisière dans cette région, ce qui explique vraisemblablement la pullulation des ravageurs constatée aux orées sud de la forêt. Ces individus provenaient certainement des champs tout proches, situés en contre-bas.

Nous ne remarquâmes pas d'orientation définie des vols dans le grand rentrant entamant la forêt à Rinting : la plupart des insectes qui y avaient évolué gagnaient le bois perpendiculairement à la lisière, lorsqu'ils n'étaient pas attirés par une projection spécialement marquée. Une attention particulière fut consacrée aux conditions du vol dans la prairie la plus en retrait de la coupure de Rinting, où les Hannetons sollicités également par les deux fronts de la forêt, paraissaient hésiter avant de se diriger vers l'est où vers l'ouest. Hors de cette zone centrale, toute incertitude disparaissait et les insectes se portaient sans délai vers la lisière la plus rapprochée.

Nous pouvons conclure de l'ensemble de ces observations que l'orientation du vol forestier est principalement fonction des influences optiques. L'image du bois frappant notre œil comme une bande sombre se découpant sur le ciel doit probablement impressionner le Hanneton de manière identique et déterminer

sa ligne de vol. Il est possible, en outre que la forêt exerce sur les insectes une certaine attraction olfactive. L'orientation définitive résulte vraisemblablement d'une combinaison de ces deux catégories d'impulsions. [Cf. BRANDRUP (5), ECKSTEIN (8), NEU (15), RHUMBLER (24), SACHTLEBEN (25), STEUDEL (28)].

A la fin du vol forestier, les populations tendent généralement à se répartir le long des lisières, tant en raison de la défeuillaison intervenant aux points les plus attaqués, qu'à la suite des vols diurnes. Ce phénomène se trouva oblitéré par le traitement aux lisières sud du bois de Rinting, mais se manifesta dans une certaine mesure dans la partie septentrionale, ainsi que nous le verrons.

TABLEAU VII

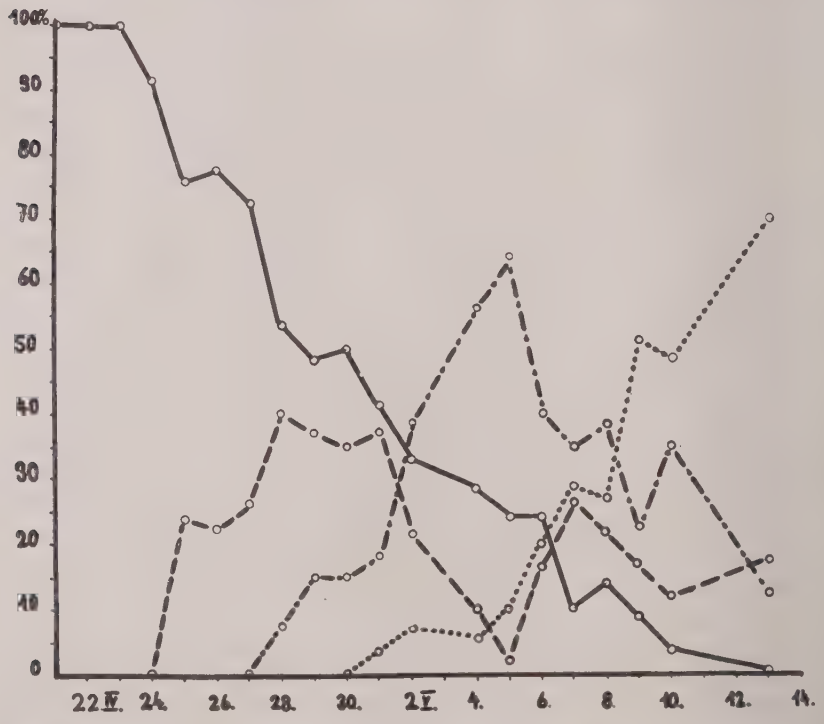
Répartition numérique des sexes et degré de maturation des ovaires parmi les Hannetons recueillis sous les arbres secoués quotidiennement

DATE de CONTRÔLE	HANNETONS			♀ IMMATURES				♀ ½ matures		♀ matures	
	TOTAL	♂	♀	TOTAL	%	% en vol forestier	% en vol de retour	nombre	%	nombre	%
22 avril	251	138	113	113	100	100	0	0	0	0	0
23 avril	506	297	209	209	100	100	0	0	0	0	0
24 avril	181	116	65	59	91	91	0	6	9	0	0
25 avril	420	254	166	126	76	76	0	40	24	0	0
26 avril	928	520	408	316	77,5	77,5	0	92	22,5	0	0
27 avril	522	281	241	174	73	73	0	64	26	3	1
28 avril	3.234	1.972	1.262	659	53	53	0	502	40	89	7
29 avril	2.850	1.543	1.307	626	48	48	0	470	37	191	15
30 avril	1.358	726	632	314	50	50	0	221	35	97	15
1er mai	1.370	791	597	260	45	42	3	216	37	103	18
2 mai	2.118	1.205	913	367	40	33	7	203	22	343	38
3 mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 mai	935	380	555	188	34	28	6	50	9	315	57
5 mai	336	121	215	73	34	24	10	40	2	89	64
6 mai	148	67	81	36	44	24	20	19	16	33	40
7 mai	194	68	126	50	39	10	29	33	26	43	35
8 mai	109	37	72	29	40	13	27	16	22	27	38
9 mai	81	35	46	28	61	9	52	8	17	10	22
10 mai	83	33	50	26	52	3	49	7	12	17	34
11 mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12 mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13 mai	449	208	241	172	71	1	70	39	17	30	12
19 mai	109	50	59	43	73	0	100	8	13,5	8	13

c) *Maturation des femelles.* — Afin de déterminer le moment le plus favorable à l'application du traitement, nous poursuivîmes un contrôle ininterrompu du degré de maturation des femelles. Dès le 22 avril, nous recueillîmes quotidiennement un grand nombre de Hannetons dans des toiles disposées à cet effet, en secouant les arbres à six endroits particulièrement infestés de la lisière, après quoi nous procédâmes à l'identification des sexes et, cas échéant, à l'examen des ovaires. Nous établîmes à ce propos, une distinction entre individus entièrement matures, demi-matures et immatures, et, parmi ces derniers, entre femelles en vol forestier et femelles en vol de retour (cf. tableau VII).

Cette récapitulation, ainsi que le graphique IV suggèrent quelques remarques intéressantes :

a) Alors que la quasi-totalité des populations infestant la lisière est encore immature le 23 avril, la proportion des indi-



Graphique IV. — Répartition numérique des degrés de maturation parmi les Hannetons recueillis sous les arbres secoués

— · — femelles matures; ——— femelles immatures en vol forestier;
- - - - femelles demi-matures; ..... femelles immatures en vol de ponte.

vidus à ce stade régresse à partir du 24, selon une fonction presque linéaire, d'abord au profit des demi-matures, puis des insectes complétement développés, pour tomber pratiquement à zéro vers la mi-mai.

Dès le 30 avril, cette courbe décroissante se trouve coupée par la courbe ascendante représentant la fraction des femelles en vol de retour qui reviennent à la forêt après avoir accompli une première oviposition et dont la proportion augmente également selon une fonction presque linéaire. A partir de la mi-mai, les lisières ne portent plus que des individus en vol de retour, dont les viscères d'aspect écumeux les différencient nettement des femelles en vol forestier, aux ovaires non développés, mais aux entrailles d'apparence plus ferme. Il est aisé, sur la base de ces caractères, que nous avions observés en 1948 pour la première fois, de distinguer sans erreur les insectes des deux catégories.

Nous constatâmes une évolution analogue dans les populations capturées pendant le vol crépusculaire. Les premiers Hannetons en vol de retour furent pris le 2 mai. Leur fraction s'accrût constamment, si bien qu'elle comprenait la totalité des femelles immatures en vol de retour le 7 et 8 mai (cf. tableau VI).

b) Nous remarquâmes les premières femelles à maturité complète le 27 avril. Elles étaient probablement sorties de terre au cours de la forte éclosion de Pâques (17 et 18 avril), ce qui impliquerait un délai de maturation de 9-10 jours. Le maximum du 5 mai pourrait en outre correspondre au vol forestier très considérable du 28 avril : le délai de maturation ne serait en ce cas que 8 jours.

Le parallélisme frappant entre la courbe des femelles matures et celle des individus en vol de retour suggère nettement une hypothèse d'une corrélation immédiate. Il est certain que les femelles matures effectuent un vol de ponte, pour regagner peu après la forêt, en vol de retour. Nous pensons à ce propos, que les insectes considérés comme matures lors des contrôles devaient s'attarder encore 1-2 jours en forêt, pour des raisons physiologiques ou climatiques, tandis que les individus en vol de retour pouvaient être revenus depuis quelques temps déjà au moment de leur capture. Ces considérations permettraient de rapprocher considérablement l'évolution des deux courbes, faute de quoi l'on devrait estimer à 5-6 jours la durée de l'oviposition souterraine, ce qui est peu vraisemblable.

3. Vol de ponte. — Le tableau V, relatif au vol crépusculaire, rapporte également le résultat de nos observations sur le vol de ponte.

Alors qu'au début, on n'enregistrait pratiquement que des vols forestiers, on constate quelques vols de ponte isolés dès le 20 avril. Ce n'est qu'à partir du 28 avril, cependant, que cette activité commence à prendre une certaine importance, pour atteindre son maximum entre le 3 et le 5 mai, et se poursuivre ensuite jusqu'à la seconde quinzaine du mois, avec de fortes interruptions dues aux conditions météorologiques défavorables.

Les premiers individus en vol de ponte résultent vraisemblablement des vols forestiers du 21 avril, tandis que les maximums ultérieurs correspondraient aux arrivées, maximums du vol forestier du 28 avril et du 3 mai [cf. RÉGNIER (18)].

L'examen des résultats du contrôle de maturité (tableau VII) montre que les femelles participant au vol de ponte, spécialement important des 2 au 5 mai et du 7 mai, se tenaient prêtes à quitter la forêt, où nous avions alors déterminé une proportion maximum d'individus évolués. Ce genre de recensement permet ainsi de très bonnes prévisions de l'intensité des vols de ponte.

TABLEAU VIII

Proportion numérique des sexes et degré de maturité des femelles dans les vols de ponte

DATE	TOTAL ♂ + ♀	♂	♀	♀ EN VOL DE PONTE			♀ EN VOL DE RETOUR
				matures	1/2 matures	immatures	immatures
28 avril . . .	15	5	10	10	0	0	0
29 avril . . .	3	0	3	3	0	0	0
30 avril . . .	Pas de vol						
1er mai . . .	Pas de vol						
2 mai. . . .	51	5	46	46	0	0	0
3 mai. . . .	66	6	61	61	0	0	0
4 mai. . . .	53	1	52	52	0	0	0
5 mai. . . .	63	0	63	61	0	0	2
6 mai. . . .	26	0	26	25	0	0	1
7 mai. . . .	14	0	14	14	0	0	0
8 mai. . . .	26	1	26	26	0	0	0

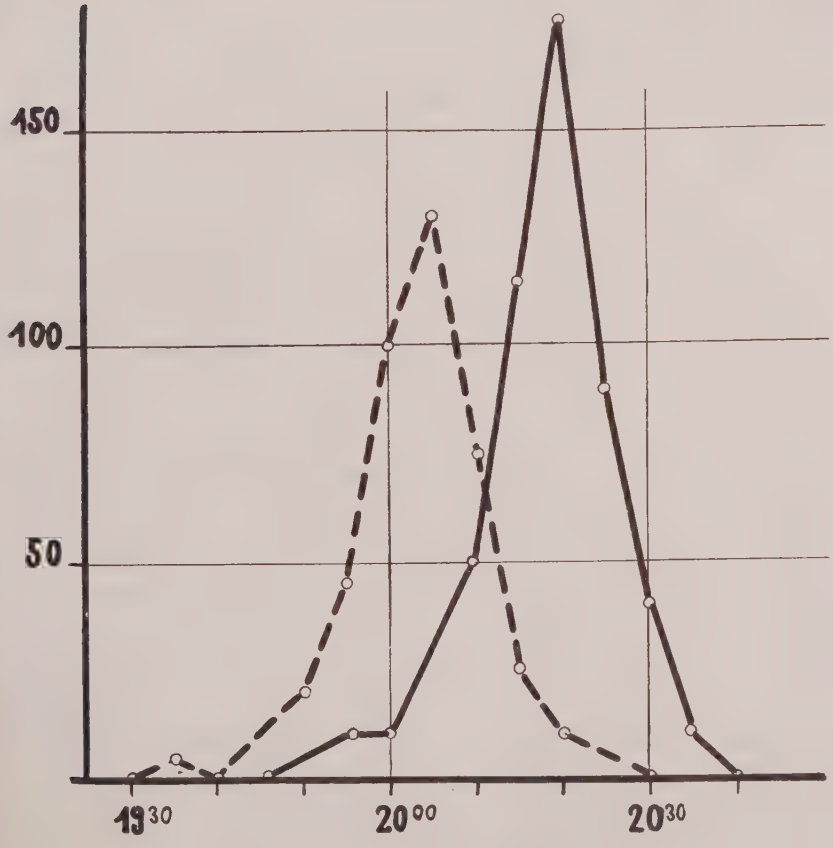
Le tableau VIII, relatif aux données obtenues lors de la dissection des insectes, capturés au cours des vols de ponte, établit clairement que seules des femelles matures effectuent ce déplacement, à l'exclusion de tous autres stades.

Les vols de ponte ont donc essentiellement pour objet de permettre l'oviposition. Les quelques mâles pris à cette occasion

effectuaient, de leur côté, un mouvement crépusculaire de dispersion, dont la raison n'est pas connue.

Nos observations quotidiennes en lisière permirent de constater que le vol de ponte ne s'accomplissait qu'au crépuscule jusqu'au 29-30 avril. Par contre dès le 1er mai et pendant les jours suivants, une proportion croissante de femelles matures quittaient le bois en plein jour, surtout entre 11 et 15 heures, ainsi que le confirment de nombreuses captures. Il s'agissait, dans la grande majorité des cas, de bestioles littéralement bourrées d'œufs, qui semblaient s'être accoutumées à la lumière du jour.

Les comptages effectués pendant le crépuscule fournissent



GRAPHIQUE V. — Vol crépusculaire le 4 mai

——— vol forestier - - - vol de ponte

Ordonnée : nombre de Hannetons

d'intéressantes données sur le déroulement du vol forestier par rapport au vol de ponte. Le nombre d'insectes gagnant le bois ou se dirigeant vers la plaine était noté de 5 en 5 minutes. Le vol de ponte débute régulièrement 15-20 minutes avant le vol forestier : le même intervalle sépare également les maxima et la fin des passages dans les deux directions (graphique 5).

Nous avons choisi, à titre d'exemple, les observations faites le 4 mai au poste de contrôle n° 1 : les deux vols furent d'abord assez faibles pendant les 15-20 premières minutes, augmentèrent ensuite brusquement pour atteindre leur maximum pendant le 1/4 d'heure suivant, puis diminuèrent progressivement jusqu'à l'arrêt complet.

Les deux courbes demeurèrent nettement distinctes à tous les postes de contrôle pendant l'ensemble de la période de maturation. Avant le début des vols de ponte, l'allure du vol forestier était la même, à cette différence près qu'il commençait déjà vers 19 h. 30 du fait des journées moins longues. Le début du vol forestier passe successivement de 19 h. 20 le 20 avril, à 20 heures le 13 mai.

Ce décalage de 40 minutes correspond à l'accroissement de la durée d'insolation et au retard progressif du crépuscule, Schneider-Orelli et Braun (27) ont d'ailleurs déjà signalé le phénomène.

4. Sensibilité des Hannetons au froid. — Nous enregistrâmes, dans la région expérimentale des températures inférieures à 0° C. les 10 (— 3° C.), 11 (— 6° C.) et 12 mai (— 5° C.). Les Hannetons n'eurent à souffrir en aucune manière de ces gels tardifs. Etant donné les nombreuses indications de la littérature [cf. Blunck (3) et (4), Décoppet (7)] relative à la grande susceptibilité des Hannetons au froid et à la mortalité pouvant résulter de basses températures en mai, nous entreprîmes de vérifier expérimentalement nos observations effectuées en campagne. Selon Blunck, la limite inférieure des températures supportables pour l'espèce sont encore ignorées jusqu'ici.

Nous fîmes passer, sans préconditionnement préalable, des insectes fraîchement capturés, de la température de laboratoire (20° C.) à — 5, — 8, et — 12° C., durant des expositions variables; les sujets furent ensuite ramenés, d'abord à 5° C. pendant une heure, puis à 20° C., avant de recevoir une abondante nourriture. Les séries soumises à l'essai comprenaient régulièrement 50 individus, 25 mâles et 25 femelles.

Les résultats de l'expérience figurent au tableau IX.

Les Hannetons, mâles et femelles, supportent des froids secs de — 5° C. et de — 8° C., pendant huit heures sans conséquences

TABLEAU IX

Influence du froid sur les Hannetons adultes

Exposition au froid	— 5 degrés comportement ultérieur à températ. de laboratoire	— 8 degrés comportement ultérieur à températ. de laboratoire	— 12 degrés comportement ultérieur à températ. de laboratoire
1 heure	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.
2 heures. . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	17 ♂ +, 19 ♀ +, reste norm.
4 heures. . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	19 ♂ +, 24 ♀ +, reste norm.
8 heures. . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	25 ♂ +, 24 ♀ +, reste norm.
10 heures. . . .	1 ♂ +, 2 ♀ +, reste norm.	2 ♂ +, reste norm.	Tous +.
12 heures. . . .	8 ♂ +, 4 ♀ +, reste norm.	7 ♂ +, 9 ♀ +, reste norm.	Tous +.
24 heures. . . .	4 ♂ +, 7 ♀ +, reste norm.	15 ♂ +, 19 ♀ +, reste norm.	Tous +.
48 heures. . . .	15 ♂ +, 19 ♀ +, reste norm.	13 ♂ +, 22 ♀ +, reste norm.	Tous +.
3 jours.	21 ♂ +, 20 ♀ +, reste norm.	25 ♂ +, 24 ♀ +, reste norm.	Tous +.

+ = morts.

fâcheuses. Ils sortent de leur engourdissement plus ou moins rapide, selon la durée de l'exposition au froid, et commencent bientôt à dévorer le feuillage présenté. La prolongation de l'exposition entraîne une mortalité croissante des sujets, bien qu'une fraction relativement importante de ces derniers survive à un séjour de 48 heures aux températures mentionnées. Ils ne résistent sans dommage que pendant une heure à — 12° C., alors qu'une exposition de huit heures s'avère léthale pour tous les individus.

On doit considérer un gel de — 8° C. comme exceptionnellement grave à cette saison : un froid si intense ne dure en mai que pendant 30 à 60 minutes au plus vers 6 heures du matin, après quoi l'air se réchauffe généralement très vite. Des températures de — 5° à — 8° C. ne durent vraisemblablement pas 8-10 heures lors d'un gel tardif comme celui qui intervint lors de notre essai de lutte. En conséquence, nous pouvons affirmer, comme nous l'avons constaté à Sarrebourg, qu'un gel printanier normal n'est pas en mesure de détruire les Hannetons. Il semble que les ravageurs ont plutôt à craindre les temps froids et humides, particulièrement les neiges tardives, ainsi que le remarque Schneider-Orelli et Braun (27) à propos de la disparition partielle du cycle uranais en Suisse. Les gels secs, comme celui de Sarrebourg, et comme ceux que nous réalisâmes expérimentalement, ne présentent pas de danger pour l'espèce, au contraire de ce qu'avancent les auteurs précédents. Les insectes se remettent facilement d'un engourdissement dû au froid et reprennent bientôt leur activité normale [cf. Neu (16)].

V. — Traitement des lisières de forêts

1. Application du traitement. — Compte tenu du degré de maturité des femelles capturées dans les lisières ainsi que du développement de la frondaison forestière (cf. graphique 3), nous fixâmes l'application du traitement au 30 avril. Malheureusement, la pluie du 30 avril, puis la tempête qui fit rage les deux jours suivants nous contraignirent à en différer la date au 3 mai. La proportion des femelles matures atteignait alors 40 % et une partie d'entre elles réussit certainement à retourner pondre en plaine avant le traitement. Nous eûmes ainsi le regret de constater, le jour même de l'application, qu'il fallait abandonner l'espoir d'exclure complétement toute apparition de Vers blancs par la suite.

Le Piper décolla le 3 mai à 4 h. 31 de l'aérodrome de Bühl,

Sarrebourg (*), pour se poser à 4 h. 48 sur la piste de fortune aménagée à Rinting. Les trois premiers vols de traitement purent être effectués entre 5 h. 23 et 7 h. 25, malgré une légère brise, qui fraîchit dès 7 h. 30 au point d'interdire toute application efficace jusqu'à 15 h. 03. L'appareil prit l'air dès ce moment et poursuivit son travail jusqu'à la tombée de la nuit, à 19 h. 39. Le 3 mai, la marge du bois de Rinting fut traitée en douze vols sur une largeur de 20-50 m jusqu'au renfoncement de Saint-Hubert. La profondeur de la zone à protéger avait été déterminée, dans chaque cas, d'après l'intensité de l'attaque (carte 2) et de la nature particulière de la lisière. Le premier passage de l'avion se faisait généralement à basse altitude, à l'extérieur de la forêt, de manière à bénéficier si possible des courants favorables permettant de traiter à fond les avancées du sous-bois où les ravageurs étaient habituellement fort nombreux. La protection d'une lisière sur 20 m de largeur imposait ainsi un triple survol par l'appareil.

Le bois de Saint-Hubert fut traité le 4 mai, sur une largeur de 20 m, en sept vols effectués entre 5 heures et 7 h. 39.

La durée moyenne par vol comporte 15 minutes le premier jour (maximum : 22 minutes; minimum : 9 minutes) 13 minutes le second (maximum : 19 minutes; minimum : 11 minutes) et 14 minutes pour l'ensemble des opérations.

Les stations au sol, imposées par le chargement de l'insecticide et la revision de l'avion durent en moyenne 15 minutes le 3 mai (maximum : 26 minutes; minimum : 9 minutes) 13 minutes le 4 mai (maximum : 20 minutes; minimum : 8 minutes) et 14 minutes pour l'ensemble de l'opération.

Les interruptions de vol permettaient au pilote de prendre connaissance des remarques transmises par les postes de contrôle des secteurs qu'il venait de traiter : ces indications lui étaient précieuses pour la suite des opérations et le mettaient en mesure de parfaire, cas échéant, les applications insuffisantes.

Le pilote, M. M. Wittwer, fit les constatations suivantes sur les traitements par avion :

Les applications aériennes doivent être considérées comme un complément au travail des appareils terrestres. Il convient, en conséquence, au cours de l'organisation d'une campagne de grande envergure, de réserver à l'avion le traitement des grands secteurs rectilignes, à l'exclusion des lisières trop sinueuses ou accidentées. Seul le respect de ce principe permet de réaliser une protection rapide sur de vastes surfaces. Les survols se font à

(*) Nous remercions vivement M. Metz, président de l'Aéro-Club de la région de Sarrebourg, d'avoir bien voulu mettre le terrain ainsi qu'un hangar à notre disposition.

5-15 mètres seulement au-dessus des arbres : la concentration qu'une telle performance exige du pilote n'est exclusivement qu'à la mesure de personnel le mieux entraîné. Les types d'appareils à visibilité insuffisante ne conviennent pas à ces applications. Au lever du soleil, le pilote doit redoubler de vigilance pour éviter qu'un éblouissement ne lui fasse commettre une erreur fatale. Plus l'avion se rapproche des arbres, moins l'influence du vent est sensible et plus le traitement devient précis. Comme le moindre souffle suffit à entraîner le produit, la chute de la nappe insecticide doit faire l'objet d'une surveillance constante. Il est

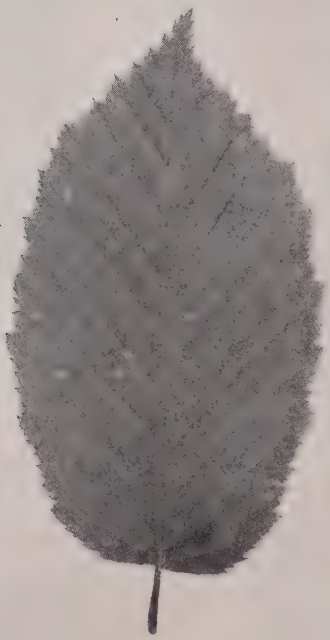


FIG. 5. — **Les** grosses taches de l'émulsion sont visibles

indiqué d'entretenir de petits feux le long de la lisière, de manière à ce que le pilote enregistre immédiatement les sautes de vent. Lorsqu'on ne dispose pas de liaison radio, ou que le terrain d'envol est éloigné, il s'avère avantageux d'établir un code au moyen duquel les observateurs peuvent communiquer avec l'avion. Nous avons obtenu les meilleurs résultats au moyen de

bandes de toiles ou de papier blanc de 2 sur 0,3 mètres, disposés bien en évidence.

Le signe :

+ signifie : « *En ordre* ». Le nuage insecticide se dépose favorablement.

↓ (extrémité de la flèche dirigée en avant de la forêt) signifie : « *Passez plus à l'extérieur* ».

↑ (flèche tournée vers la forêt) signifie : « *Passez plus à l'intérieur de la forêt* ».

= signifie : « *Volez plus bas* ».

⌐ signifie : « *Arrêtez le traitement ici* ».

⩘ (flèche double orientée vers le terrain d'atterrissage signifie : « *Rentrez et posez-vous* ».

Il est essentiel que le pilote puisse reconnaître le terrain avant le traitement; il doit en outre disposer de cartes précises, sur lesquelles il portera les obstacles éventuels (ligne à haute tension, cables de téléphériques, etc.) ainsi que les points saillants de la région. De plus, il est recommandable de baliser les endroits périlleux au moyen d'une toile rouge placée en avant de la forêt, afin que le pilote n'ignore en aucun cas la présence d'un danger.

FIG. 6. — Cristaux de l'émulsion sur la feuille (grossissement, environ 30)

Rappelons enfin cette vieille règle de navigation aérienne, selon laquelle l'avion doit disposer d'une réserve de vitesse lors d'un vol à basse altitude.

2. Coût du traitement. — Au cours de notre expérience, nous avons traité 10,3 km de lisière sur une profondeur moyenne de 35 m environ, soit une superficie totale de 36 ha de forêt à peu près, dont la protection exigea 700 l d'émulsion de Gésarol 9255, ce qui correspond à 933 l de bouillie. La bouillie fut répandue à raison d'une moyenne de 26 l environ par ha (3,9 kg de matière active/ha).

Les frais de vol, comprenant la location de l'appareil, l'indemnité du pilote et du mécanicien, l'assurance du pilote, le carburant, les vidanges, etc. se montèrent à fr. s. 441 *soit à fr. s. 12,25 par ha*. Le coût du transport de l'avion, de sa base au secteur d'essai et retour, ne figure pas dans ce compte. Le prix de la *substance insecticide*, calculé sur la base du tarif de fr. s. 6 par litre pour les grands emballages, s'éleva à fr. s. 4.200, *soit fr. s. 116,66 par ha*. Le coût total du traitement atteint donc *fr. s. 128,91*

Fig. 7. — Trappe pour l'analyse de la faune et cage d'abeille

par ha soit fr. s. 130 en chiffres ronds. Le coût de l'application par km courant de lisière varie en fonction de la profondeur du secteur traité. Il comporta fr. s. 455 dans notre essai, pour une

bande d'une largeur moyenne de 35 m. Une zone de protection de 10 m doit être cependant suffisante pour une lisière régulière ne comprenant pas de grands arbres à moins de 20-30 m de sa marge extérieure, lorsque le traitement est effectué avant que les ravageurs aient pénétré dans l'intérieur du bois.

Dans un tel cas, en admettant une application en deux survols, dont l'efficacité correspond à celle d'un traitement terrestre, la protection d'un km de lisière (une superficie de 2 ha de forêt) vient à coûter fr. s. 260 au total (*).

Si nous rapportons les dépenses consenties dans notre essai à l'ensemble des cultures qui en ont bénéficié, la quote-part n'atteint que fr.s. 7,75 par ha de prés et d'emblavures.

Ces chiffres montrent clairement que la destruction des insectes parfaits par des moyens chimiques est beaucoup plus économique que la lutte directe contre les Vers blancs dans le ferrain.

VI. — **Résultats du traitement**

1. Effet du traitement sur les Hannetons. a) *Comportement des Insectes pendant et après l'application.* — Les observations suivantes furent principalement effectuées en lisière de forêt au poste de contrôle n° 1. L'invasion de Hannetons était particulièrement forte dans ce secteur qui fut traité le 3 mai, de 5 h. 30 à 5 h. 50.

3 mai, jour du traitement :

6 heures. — Les premiers individus commencent à tomber, tant à la lisière qu'à l'intérieur du bois.

6 h. 20. — Le nombre des insectes tombés s'accroît. Beaucoup manifestent un tremblement nerveux.

7 heures. — Les Hannetons s'accumulent sur le sol. Tous montrent les symptômes d'une forte intoxication.

8 heures. — La chute continue. Parmi les insectes tombés, certains individus cherchent à s'envoler, du fait de l'insolation; seul un petit nombre de ces derniers réussit à atteindre sûrement les couronnes des arbres, alors que la plupart retombent.

(*) Les indications concernant les frais de traitement sont basées sur les conditions économiques suisses. L'émulsion insecticide a été importée en France et l'avion utilisé était également d'origine suisse. Les rémunérations du pilote et du mécanicien correspondent de ce fait également aux tarifs pratiqués dans ce pays.

Si nous nous basons sur le prix du même insecticide fabriqué en France, ainsi que sur les tarifs employés en France pour l'application par avions d'insecticides, les frais seront approximativement les suivants : 10.000 francs français par Ha, soit 20.000 francs français par kilomètre de lisière sur une profondeur de 10 mètres.

9 heures. - Une animation extraordinaire accompagnée de vols fébriles règne dans le secteur traité, alors que tout est calme dans les zones témoins, où seuls quelques individus ont pris l'air, tandis que la grande majorité des ravageurs se nourrit tranquillement. De nombreux Chênes, très envahis jusqu'ici, sont pratiquement débarrassés des ravageurs. Les nouveaux venus tombent régulièrement peu après s'être posés sur les arbres traités. On remarque, parmi les insectes gisant à terre, une certaine proportion d'individus dont les pièces buccales sont enduites d'une substance brunâtre : nos observations précédentes montrent qu'il s'agit là de Hannetons manifestant les symptômes d'une forte intoxication par le tube digestif, consécutive à l'absorbtion de feuillage empoisonné.

10 h. 30. — Nous comptons, sur un chemin pénétrant dans le bois, les densités suivantes d'insectes au sol, par m^2 : 36, 47, 15, 53, 25.

12 heures. — La chute continue, malgré une insolation violente de l'orée de la forêt, seuls quelques rares insectes tombés parviennent à regagner le feuillage. On remarque déjà des individus à l'agonie.

11 heures. — Le crépitement des chutes est particulièrement fort. Le feuillage du sous-bois grouille de Hannetons à demi paralysés. La plupart des arbres fortement attaqués de la lisière sont presque complétement débarrassés de leurs ravageurs.

19 heures. - Le crépitement des chutes dans le feuillage des vieux Hêtres fait un bruit considérable, qu'on perçoit distinctement du poste de contrôle n° 1 (carte 1) à 30 m de la forêt. Les individus parvenant à la lisière pendant le crépuscule se comportent d'abord normalement, puis, vers la fin du vol forestier, commencent à tomber en si grand nombre, qu'on croirait entendre une violente averse.

4 mai :

Les observations faites le jour suivant le traitement, par un temps chaud, tranquille et une nébulosité variable, donnèrent les résultats suivants :

9 à 12 heures. — Les insectes arrivés à la forêt le soir précédent et qui ont réussi à se maintenir dans le feuillage tombent en grande quantité durant toute la matinée. Malgré le fort vol forestier de la veille, les arbres de la lisière sont à peu près exempts de ravageurs. On n'observe aucun mouvement dans la couronne des végétaux

traités, alors que les Hannetons se pressent en véritables grappes sur les Hêtres et les Chênes feuillés des secteurs témoins, où ils se mettent à voltiger activement vers midi.

L'orée du bois est parsemée d'une masse d'insectes morts ou mourants.

19 à 20 h. 30. — Au crépuscule, le vol forestier est normal, quoique faible. Comme la veille, on n'enregistre presque pas d'agitation dans les couronnes, tandis que la chute se poursuit sans interruption et que le bruissement des Hannetons au sol augmente constamment. Les vols de ponte s'effectuent très haut. Les individus qui y participent semblent provenir d'arbres situés assez loin de la lisière et qui n'ont probablement pas subi l'application insecticide.

Passé 20 h. 30. — Les bestioles se montraient encore très agitées dans le feuillage des zones non traitées.

Précédée d'un orage nocturne, la journée du *5 mai*, deuxième après le traitement, fut venteuse, par ciel modérément à fortement couvert. Nous fîmes à cette date les observations suivantes : les quelques Hannetons encore présents sur les arbres sont complétement engourdis par le froid du matin. Les essences feuillues et notamment les Chênes, dont l'attraction sur les Hannetons est particulièrement grande, sont pratiquement débarrassés des ravageurs, dont les cadavres jonchent les terrains voisins de la lisière jusqu'à 50 m du bois. Nous découvrons de nombreuses femelles mortes, dont l'abdomen dépasse encore le sol où elles avaient commencé à s'enfoncer. Les dissections montrèrent qu'il s'agissait là d'individus matures sur le point de pondre. La pullulation s'est fortement accrue dans les secteurs non traités; le feuillage des Hêtres et des Chênes accuse des dommages sensibles.

19 mai :

Nous avons effectué le 19 mai un nouveau contrôle approfondi des zones traitées et des secteurs témoins, au cours duquel nous fîmes les remarques suivantes :

Zone traitée. — Même sur les Chênes, on ne rencontre quelques Hannetons que tout à fait exceptionnellement. A part les faibles dommages commis avant le traitement, le feuillage ne montre pas de nouveaux dégâts appréciables. L'orée du bois et les chemins forestiers sont jonchés de cadavres.

Secteur témoin de Bebing. — Les arbres d'alignement et les Pruniers du village portent encore passablement d'insectes; par endroits les frondaisons sont fortement ravagées, et l'on note ici et là quelques Pruniers complétement défeuillés.

Secteur témoin à droite de la route de Rinting à Kerprich. — Les Hannetons sont encore nombreux sur les Chênes, les Hêtres et les Saules. Nous eûmes vite fait, en secouant quelques sujets isolés, de recueillir plus de 100 bestioles par arbre, dans les toiles disposées à cet effet. La plupart des Hêtres sont défeuillés et la végétation de remplacement n'apparaît pas encore. Il convient de souligner, à ce propos, que l'orée sud du bois était bien plus fortement envahie que le secteur témoin, au début de l'expérience. La différence entre les zones traitées et non traitées était frappante, tant par le nombre des Hannetons que par l'état du feuillage qu'on y observait : aucun ravageur et pas de dégâts dans les lisières soumises à l'essai, en revanche, pullulation de Hannetons et couronnes défeuillées dans les régions voisines (fig. 8 et 9).

La proportion numérique des sexes et l'état de maturité des ovaires parmi les populations prélevées en trois points de la contrée figurent au tableau X.

Fig. 8. — Lisière traitée

Fig. 9. — Lisière non traitée

TABLEAU X

Proportion numérique des sexes et degré de maturité des femelles parmi les Hannetons recueillis sous les arbres secoués (19 mai)

Localisation	Total	♂	♀	♀ matures	½ matures	♀ immatures en vol de retour
Lisière du poste 1 traitée.	109	50	59	6	6	47
Lisière à droite de la route R.-K. (non traitée)	207	86	121	58	22	41
Bebing.	25	4	21	11	3	7

Il fallut récolter patiemment un à un les insectes prélevés au poste 1 sur les arbres et les buissons, vu la rareté des Hannetons dans la zone traitée.

L'examen du tableau X suggère quelques remarques intéressantes : le rapport ♂ : ♀ est assez exactement de 1:1 dans la

lisière soumise à l'essai alors qu'il comporte 1:1,5, dans les secteurs témoins. Bien que nous ne puissions tirer une conclusion définitive de données numériques aussi restreintes, nous estimons cependant que cette divergence pourrait être due à la mise en œuvre des mesures de lutte. On constate également une différence entre le degré de maturité des femelles : les individus évolués prédominent nettement dans les localisations non traitées, tandis qu'ils n'apparaissent qu'en proportion très faible dans le champ d'essai. Il s'agit là d'une conséquence immédiate de l'application du produit insecticide, dont le dépôt persiste assez longtemps pour détruire les femelles avant la maturité à l'exception d'un nombre infime de cas, alors qu'elles se développent ailleurs sans entrave. Les insectes immatures en vol de retour, dont la fraction est importante partout, venaient, fort probablement, de regagner la forêt et, dans la zone traitée, n'avaient encore subi le contact de l'insecticide que dans une mesure nulle ou insuffisante.

Etant donné le temps qu'il fallut consacrer à la capture des quelques Hannetons récoltés dans le terrain d'essai, nous nous estimons en droit de conclure à la pleine réussite de l'expérience. Nous considérons que la persistance du dépôt s'est avérée suffisante pour garantir, le cas échéant, pendant une longue période encore la destruction des nouveaux envahisseurs. Nous ne pûmes déterminer la provenance des quelques individus en vol de retour : il est possible qu'il s'agisse, soit d'immigrés des secteurs témoins, soit d'insectes ayant échappé jusqu'alors à l'effet du traitement.

b) *Données numériques relatives à l'efficacité du traitement de lisière.* — Afin d'obtenir directement les données numériques relatives à l'efficacité du traitement, nous piquetâmes en trois endroits une surface déterminée de lisière, dont nous ôtâmes ensuite la couche de feuilles mortes (carte 2).

Le contrôle quotidien de ces parcelles fournit de précieuses indications sur le nombre des Hannetons tombés du feuillage traité, et partant, sur l'efficacité de l'application insecticide.

Les aires en observation figurent au plan de la région expérimentale. Leur localisation et leurs superficies étaient les suivantes :

Parcelle 1 : à 10 m de la lisière, sous des Hêtres et des Chênes, 48 m².
Parcelle 2 : à 15 m de la lisière, sous des Hêtres, 110 m².
Parcelle 3 : à 10 m de la lisière, sous des Hêtres, 20 m².

Le tableau XI indique l'importance numérique des récoltes quotidiennes d'insectes tombés dans les parcelles de contrôle.

TABLEAU XI

Répartition proportionnelle des sexes et degré de maturité des femelles parmi les insectes ramassés dans les parcelles de contrôle

Date	Total	♂	♀	♀ immatures et ind. en vol de retour	♀ ½ matures	♀ matures	M. hippocast.
3 mai :							
I	702	347	325	77	44	204	0
II	1.490	780	710				
4 mai :							
I	1.817	817	1.000	201	96	703	180
II	3.204	1.088	2.116				
5 mai :							
I	1.624	496	1.128	378	105	645	23
II	2.145	540	1.605				
6 mai :							
I	200	63	137	60	32	45	0
II	312	95	217				
III	278	132	146				
7 mai :							
I	31	15	16	7	4	5	0
II	56	21	35				
III	23	8	15				
8 mai :							
I	93	31	62	39	11	12	
II	112	25	87				
III	13	3	10				
9 mai :							
I	156	41	115	93	12	10	
II	172	35	137				
III	14	1	13				
10 mai :							
I	57	20	37	27	1	9	
II	58	18	40				
III	8	3	5				
11 mai :							
I	6	1	5	5			
II	7	3	4				
III	5	1	4				
12 mai :							
I	13	4	9	6	0	3	
II	14	3	11				
III	2	1	1				
13-19 mai :							
I	538	142	396				
II	302	89	213				
20 mai-2 juin :							
I	391	122	269	245	22	2	
II	301	73	228				

Total des Hannetons tombés pendant la période du 3 mai au 2 juin dans les parcelles de contrôle :

Parcelle 1 : 5.628 individus, dont 2.099 ♂ et 3.529 ♀
Parcelle 2 : 8.173 » » 2.770 ♂ et 5.403 ♀
Parcelle 3 : 338 » » 149 ♂ et 189 ♀

Rapport ♂ : ♀, pour l'ensemble des observations : 1:1,8.

Le total de 14.139 individus dénombrés sur 178 m² correspond à une moyenne de 79 *Hannetons par m²*, soit par parcelles :

Parcelle 1 : 117 Hannetons par m²
Parcelle 2 : 74 »
Parcelle 3 : 17 »

La somme des ♀ examinées comportait 53 % d'individus matures, 15 % de demi-matures et 32 % d'insectes immatures en vol de retour.

L'examen du tableau XI montre que les chutes les plus nombreuses eurent lieu le jour du traitement, le lendemain et le surlendemain; le nombre des Hannetons tués par le dépôt insecticide décroît assez régulièrement depuis ce moment. Ce recul n'est pas dû à une diminution de l'efficacité du dépôt, mais résulte de la destruction massive des populations forestières, à la suite de laquelle les lisières était pratiquement débarrassées de ravageurs le 5 mai, ainsi que nous l'avons signalé précédemment.

L'augmentation du nombre des Hannetons ramassés les 8 et 9 mai est probablement consécutive à la reprise du vol forestier constatée le 7. Les captures de ces deux journées comportaient presque exclusivement des individus immatures en vol de retour, victimes de l'insecticide.

Nos observations indiquent une nette prédominance des femelles matures parmi les insectes tombés entre le 3 et le 5 mai; cette proportion se renverse par la suite au profit des individus au vol de retour. On peut en déduire que le traitement assura pendant les premiers jours la destruction massive des femelles prêtes à pondre et que la durée de son action suffit à empêcher toute maturation ultérieure dans la grande majorité des cas. La fréquence des individus immatures du vol de retour parmi les morts résulte des importants vols forestiers constatés les 3 et 4 mai, comme de la bonne persistance du dépôt insecticide.

C'est pour cette dernière raison également que les chutes d'insectes intoxiqués se poursuivirent jusqu'au début de juin. Seuls quelques rares individus arrivèrent à maturité et purent effectuer le vol de ponte après avoir séjourné à la lisière traitée, où la quasi-totalité de leurs congénères périt à la suite du contact ou de l'ingestion du dépôt insecticide.

Nos chiffres montrent que le produit tue les Hannetons à tous

les degrés de maturité et qu'on ne peut déterminer, chez l'adulte, de stade évolutif particulièrement susceptible. De même, femelles et mâles s'avèrent à peu près également sensibles à l'émulsion [cf. THIEM (33)]. Il pourrait sembler, toutefois, que les femelles sont plutôt moins résistantes que les mâles, puisque le rapport entre sexes comportait 1 mâle pour 1,8 femelles parmi les morts dans la zone traitée, contre 1 mâle pour 1 femelle, lors du contrôle des populations tombées des arbres secoués dans les secteurs témoins (cf. également graphique 3).

La densité de 79 Hannetons au m², établie par le relevé de nos trois parcelles de contrôle, doit être considérée comme relativement forte, surtout lorsqu'on la compare à la proportion de 26 insectes pour 100 m² environ, soit 0,26 bestioles au m², que nous notâmes au même moment dans les endroits non traités.

Les considérations précédentes permettent de conclure non seulement à l'anéantissement par notre émulsion de Gésarol des populations occupant la lisière au moment de l'application, mais encore, grâce à la persistance du produit, à la destruction certaine de la plus grande partie des insectes après-coup, ainsi que le démontrent la chute considérable et prolongée, d'insectes intoxiqués et la mesure où les arbres de la lisière étaient débarrassés des ravageurs 2 jours après le traitement.

2. EFFET DU TRAITEMENT SUR LA POPULATION DE VERS BLANCS. — Il faut tenir compte des trois considérations suivantes lors de l'estimation de l'importance des populations de Vers blancs apparues dans la contrée soumise à notre essai :

Comme nous l'avons souligné au chapitre V, les conditions météorologiques défavorables nous contraignirent d'entreprendre le traitement avec un retard de trois à quatre jours, de sorte qu'à cette date, un certain nombre de femelles étaient déjà parvenues à pondre dans les cultures. En outre, malgré les variations locales résultant des expositions particulières au soleil et au vent, vol et population de Hannetons furent beaucoup plus denses dans la zone traitée que dans l'ensemble des secteurs témoins (cf. p. 82).

Remarquons enfin que le climat de l'été 1949, ainsi que la sécheresse et la compacité du terrain qui en résultèrent, offrirent partout des conditions de développement extrêmement défavorables aux jeunes larves, dont la mortalité naturelle atteignait un taux considérable en automne, au moment de nos contrôles.

La diversité du *terrain expérimental* nous obligea de distinguer cinq zones, dans chacune desquelles la densité des Vers blancs fut évaluée séparément sur la base de sondages de 50 cm de profondeur s'étendant à 50 m² (cf. carte 2).

TABLEAU XII

Densité de Vers blancs dans les régions soumises à l'essai

Zone	Localisation	Larves par m²
I	Grand rentrant du bois, alentour de la ferme de Rinting	1,2
II	Secteur de Bebing, de la première corne de bois traitée au premier chemin de Rinting, avec limite sud à la route nationale	0,6
III	Secteur compris entre le premier chemin de Rinting et la corne de bois à gauche de Saint-Hubert, limité au sud par la route nationale	1,0
IV	Rentrant du bois alentour de la ferme de Saint-Hubert	2,3
V	Secteur situé au sud-est du rentrant de Saint-Hubert.	1,0
I - V	En moyenne	1,2

De toute la région soumise aux essais, la zone IV (rentrant du bois de Saint-Hubert) s'avéra la plus contaminée : le traitement y avait été appliqué avec un jour de retard sur une profondeur de lisière ne dépassant pas 20 m environ. Les femelles les plus précoces semblent avoir pondu dans le voisinage immédiat de la forêt, probablement en raison du vent; par contre le secteur fortement exposé en avant du rentrant (zone V) ne contenait qu'une population de Vers blancs de moitié plus faible.

Nous retrouvons la même relation entre les alentours de Rinting (zone I) et le compartiment de terrain précédent (zone II). Ce phénomène s'explique à la lumière des considérations suivantes : malgré le vent froid et violent des 1 et 2 mai, nous avions observé pendant ces journées une certaine activité de vol dans les endroits abrités; les insectes quittant ces zones de calme étaient immédiatement emportés ou tombaient à terre. Les femelles matures en vol de ponte furent en conséquence précipitées au sol à peu de distance de la lisière (100-200 m), où elles déterminèrent une ceinture de forte contamination.

Nous enregistrâmes la plus faible contamination dans la zone VI, où le sous-bois de la première tranche de forêt avait reçu un traitement d'émulsion 9255 à 0,5 %, appliqué au moyen d'une pompe à moteur, obligeamment mise à notre disposition par le Service de la Protection des Végétaux de Metz, en vue d'éprouver l'efficacité de ce mode de défense contre les Hannetons. Il semble que le succès obtenu à cette occasion contre les adultes

TABLEAU XIII

Densité des populations de Vers blancs dans les secteurs témoins

Zone	Localisation	Larves par m²
VI	Droite de la route Rinting-Kerprich, jusqu'à la route Rinting-Sonnenberg-Langatte	2,3
VII	Route Rinting-Sonnenberg jusqu'à la route Sarrebourg-Haut-Clocher	2,7
VIII	Droite de la route Sarrebourg-Haut-Clocher	17,3
	En moyenne	7,4

exerça également une influence déterminante dans la restriction des populations de Vers blanc constatées par la suite dans la zone.

Notre expérience de lutte aérienne provoqua dans l'ensemble de la région soumise à l'essai, une diminution de 84 % du nombre des Vers blancs par rapport aux secteurs témoins, malgré l'effet des circonstances défavorables mentionnées plus haut.

Des sondages systématiques furent entrepris aux emplacements où les dégâts occasionnés par les larves en 1917-1918 étaient encore visibles, afin d'établir si ces localisations exercent régulièrement une attraction particulière sur les femelles en ponte. On ne put relever de différence entre la densité des Vers

TABLEAU XIV

Répartition numérique des Hannetons et des espèces apparentées parmi les larves scarabéiformes ramassées au cours des sondages

	Secteur d'essai		Secteur témoin	
	nombre	%	nombre	%
Melolontha melolontha	276	70,2	588	95,7
Amphimallus solstitialis	60	15,3	—	—
Phyllopertha horticula	7	1,8	4	0,7
Hoplia sp.	4	1,0	22	3,6
Otiorrhynchus sp.	40	10,2	—	—
Cetonia sp.	6	1,5	—	—
	393	100,0	614	100,0

blancs à ces points et la normale du voisinage. Nous rapportons au tableau XIV la liste et la fréquence des espèces représentées dans l'ensemble des larves scarabéiformes ramassées au cours des contrôles.

La zone soumise à l'essai se distingue donc des secteurs témoins non seulement par l'invasion plus considérable de Hannetons qu'on y remarquait avant le traitement, mais, d'une manière générale, par une plus grande richesse faunistique, notamment en ce qui concerne les *Amphimallus* et les *Otiorhynches*.

Les sondages firent en outre découvrir en grand nombre d'autres larves terricoles, des *Scolopendres* et des *Forficules*.

3. Influence du traitement sur la faune forestière. — Comme lors des essais de 1948, nous consacrâmes une attention particulière à l'effet du traitement sur la faune sylvicole. Nous commençâmes nos observations dès avant l'application et pûmes constater, comme l'année précédente, combien la plupart des insectes sont peu actifs à l'époque du vol des Hannetons. Outre le petit nombre des espèces représentées, la rareté des individus dans la région de Sarrebourg était particulièrement remarquable.

On trouvait, à la fin d'avril, des milliers de *Muscides* (*Lucilia, Sarcophaga, Muscidia,* etc.) sur les feuilles des buissons bordant la forêt, provenant vraisemblablement des excréments épars dans les pâturages voisins. Les *Raphidia* et les *Panorpa*, ainsi que les *Bibionides* restaient relativement peu fréquents, et les *Fourmis* étaient extraordinairement rares aux lisières. Les Chênes et les Hêtres portaient passablement *Operophtera brumata* L., accompagnées d'autres larves de *Macrolépidoptères*.

Afin de déterminer numériquement quels devaient être les *Arthropodes* affectés par le traitement forestier, nous disposâmes trois appareils collecteurs destinés à retenir automatiquement toutes les bestioles tombant des arbres dans leur rayon (env. 1 m²). Ces trappes étaient constituées d'une manière d'entonnoir en matière plastique fixé sur des pieux et débouchant dans un large récipient contenant une solution de formol (fig. 7). Les résultats de ces piégeages figurent au tableau XV.

Le total des 1.628 insectes affectés pendant la durée des observations par le revêtement toxique des arbres sur une superficie de 3 m², soit 543 par m², s'avère relativement bas. Les captures les plus importantes furent effectuées au jour du traitement, puis le nombre des victimes tombe les jours suivants déjà, à 150, chiffre auquel il se maintient à peu près constant jusqu'au 10 mai. On enregistre de nouveau un fort fléchissement, passé cette date.

Les *Diptères* dominent nettement parmi les espèces observées

TABLEAU XV

Résultat du traitement sur la faune sylvicole

	4/5	5/5	6/5	7/5	8/5	9/5	10/5	11/5	12/5	Total
Collemboles		1	1							2
Thysanoures	2	3	2	1	2					10
Copeognathes	6	3	3	1						13
Thysanoptères	68	6	4	2	3	1	1		1	86
Hétéroptères	50	18	17	1		2	2			90
Cicades	11	34	22	6	5	3	3	1		85
Psyllides		1								1
Aphides	6	3	2	1		1		3	1	17
Coccides	1		2				1	1		5
Symphites, larves	5	4	1							10
Ichneumonides	10	2								12
Cynipides	5	3			1	2				11
Chalcidiens	39	3	5	2	5	4	3	2		63
Formicides	1	1			1	2		1		6
Coléoptères :										
adultes	38	15	9	1	4	6	4	1	2	80
larves	21		2		2	2				27
Hemerobides :										
adultes							1			1
larves	2		3				1			6
Lépidoptères :										
adultes			1		1	1				3
chenilles	88	19	23	10	2	11	3	3	2	161
Diptères :										
adultes	165	30	47	91	130	196	121	58	73	911
larves		6	1				1			8
Arachnides	4	3	5	1	2	3	1	1		20
Total	522	155	150	117	156	236	142	71	79	1.628

(56 % des captures), suivis par les Chenilles, (10 %), dont 71 % de *Cheimatobies*. Les *Thysanoptères*, les *Hétéroptères*, les *Cicades* et les *Coléoptères* sont aussi assez abondamment représentés. Les *Ichneumonides* et les *Chalcidiens*, qui doivent être comptés parmi les espèces utiles, sont relativement nombreux, également (4,6 %). On ne note par contre dans les autres catégories d'auxiliaires que 2 *Coccinelles*, 1 *Carabe* et 1 *Syrphide*. Bien que le total quotidien des insectes affectés par le traitement régresse fortement du 5 au 7 mai pour la plupart des espèces, la cadence des chutes reste presque constante pour les *Diptères*, pendant toute la durée des observations. Ceci s'explique par la grande susceptibilité de ces insectes et par le fait que les individus en provenance des campagnes voisines ne cessaient de gagner le feuillage traité, où ils devaient trouver la mort. Le dépôt toxique

paraît avoir considérablement décimé les Chenilles au cours des 6 jours suivant l'application.

Nous pouvons conclure de nos constatations qu'une partie de la faune des lisières (et plus particulièrement les *Muscides*, dont la sensibilité est bien connue) fut indubitablement détruite par l'application insecticide. On remarque cependant que la mortalité parmi les insectes, à l'exclusion des *Diptères*, devient négligeable au bout de quelques jours; il convient en outre d'admettre un rétablissement rapide des populations du fait que la plus grande partie du bois était demeurée sans traitement. Si l'on considère enfin, que la destruction des Hannetons fut entreprise à une époque où l'activité des autres espèces forestières était encore extrêmement limitée, il devient évident que la faune locale ne peut avoir sensiblement pâti des mesures de lutte.

4. Influence du traitement sur les Abeilles. — Nous consacrâmes cette année encore une attention particulière à l'étude de la menace que le traitement pouvait constituer pour les Abeilles butinant en forêt. Bien que nous ayons constaté, en 1948, qu'un épandage de poudre de Gésarol sur les lisières ne présente pas de danger pour elle, l'emploi en 1949, d'une forme de produit émulsionnée imposait un nouvel examen du problème (*).

La région soumise à nos essais était pauvre en Abeilles : elle comprenait 18 ruches au village de Bebing, et une seule au domaine de Rinting, respectivement distantes de 800 et de 300 m de la lisière traitée la plus proche. Nous disposâmes des feuilles de papier devant les entrées des 19 ruches, afin de contrôler le déchet dans les essaims pendant toute la durée de notre expérience. Nous ne recueillîmes que quelques cadavres isolés, ce qui correspondait à un taux de mortalité absolument normal.

Nous remarquâmes, au cours de nos nombreux contrôles en forêt, que les Abeilles ne butinaient jamais dans les parties traitées, ni dans la couronne des Chênes en pleine floraison à cette époque. Les insectes semblent rechercher avant tout les prés et les pâturages, pratiquement fleuris pendant toute la saison et négligent de ce fait les surfaces boisées.

Nous basant sur la méthode préconisée par la Station fédérale de Liebefeld (Berne), nous procédâmes de la manière suivante pour déterminer le danger que présente l'émulsion pour les Abeilles atteintes directement : 3 cages de treillis (fig. 7) munies de sirop et contenant chacune 10 Abeilles, furent fixées, peu avant l'application, à des buissons de la lisière au voisinage du

(*) Nous devons les observations suivantes au travail de notre collaboratrice Mlle Lotmar.

poste de contrôle n° 1. Les parois des cages portaient de nettes éclaboussures d'émulsion à la fin du traitement. Les sujets des cages 1 et 2 périrent tous au cours des 24 heures suivantes, ceux de la cage 3 après 24-48 heures. Nous vérifiâmes par la suite la toxicité des cages sur des mouches domestiques, en laboratoire : les deux premières étaient effectivement plus actives que la dernière qui n'avait probablement reçu qu'une faible quantité d'insecticide.

D'autres essais de laboratoire, au cours desquels les Abeilles furent placées sur des feuilles traitée de végétaux divers, montrèrent que le produit est surtout mortel *lorsqu'il vient d'être appliqué* alors que sa toxicité diminue considérablement après le desséchement du dépôt et la cristalisation de la substance active. D'une manière générale, on peut établir que les insectes sont nettement moins incommodés par le feuillage empoisonné lorsqu'on les place immédiatement après le contact en thermostat à 30° C., température correspondant à celle qui règne dans la ruche. Ces observations confirment les remarques de Häfliger (10), relatives à une augmentation de la résistance aux produits-D.D.T. chez les Abeilles, aux températures élevées.

VII. — **Conclusions**

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes de notre essai de lutte contre les Hannetons par le traitement des lisières :

Le traitement des lisières assure la destruction complète des populations locales de ravageurs au bout de deux à trois jours.

Alors que notre expérience de 1948 n'avait connu qu'un succès partiel du fait de la résistance insuffisante aux intempéries de la poudre de Gésarol utilisée, l'emploi de l'émulsion de Gésarol 9255 permit d'obtenir cette année un dépôt persistant, capable de faire périr les Hannetons gagnant les plus tardivement la forêt. L'efficacité de l'application se fit sentir pendant 150 jours, malgré les précipitations de l'été et de l'automne.

On peut admettre que notre essai atteignit son objet puisqu'il provoqua par la suite une réduction de 84 % dans les populations de Vers blancs, malgré le fait que le traitement dut être effectué avec un retard de 3 jours, en raison de conditions météorologiques défavorables.

Du point de vue de l'application aérienne proprement dite, l'appareil Piper Cub L 4 s'est avéré parfaitement utilisable, pour le traitement des lisières, entre les mains d'un bon pilote, si bien que ce problème peut actuellement être considéré comme réglé.

Bien entendu, l'émulsion Gésarol 9255 se prête aussi bien à un emploi par pulvérisateur terrestre ou par hélicoptère.

Il ressort de notre essai que trois facteurs contribuent à déterminer d'une manière décisive les succès ou l'échec de la lutte, par l'influence qu'ils exercent sur le choix du moment le plus propice au traitement; ce sont: l'état de la végétation, le degré de maturité des femelles, enfin et surtout les conditions météorologiques.

Si la frondaison forestière est insuffisamment formée au moment de l'apparition des premières femelles matures, l'application doit être différée, faute de quoi le feuillage se développant ultérieurement restera sans protection et une grande partie des ravageurs réussira à se soustraire à l'insecticide.

Il n'est cependant pas nécessaire d'attendre la feuillaison complète de toutes les essences, puisque les Hannetons effectuent certains déplacement diurnes en lisière et qu'ils séjournent pendant 8-10 jours en forêt avant d'être prêts à la ponte.

Soulignons, toutefois, qu'il est indispensable que la plupart des arbres soient feuillés au moment du traitement.

Les circonstances météorologiques peuvent entièrement bouleverser le programme de lutte. On risque d'assister impuissant à un fort vol de ponte, par exemple lorsque le degré de maturité des hannetons et le développement de la frondaison sont propices à l'application, mais que des intempéries (pluie ou vent violent) contraignent d'en différer la date. Bien que la mise en œuvre du pulvérisateur terrestre soit un peu plus indépendante des conditions météorologiques, elle n'en demeure pas moins soumise, en principe, au même aléa.

Il est donc évident que le développement de la végétation forestière, la maturité des Hannetons et l'aspect du temps constituent les points délicats de l'opération. Nos expériences montrent qu'il est néanmoins possible de traiter à l'instant favorable et de remporter, en conséquence, un succès satisfaisant. La réussite fut obtenue principalement, grâce à l'émulsion Gésarol 9255 dont l'efficacité et la persistance permirent de réaliser, en une seule application bien dirigée, une neutralisation remarquable des ravageurs.

Nous sommes en mesure de faire les recommandations suivantes pour la détermination de la date de traitement lors d'une campagne de lutte contre le Hanneton en lisières.

Il importe premièrement d'établir le degré de maturité des femelles par des contrôles quotidiens en forêt. Cette opération s'effectue fort simplement en déchirant l'abdomen des individus capturés et en considérant le développement de leurs ovaires. L'application insecticide doit être entrepris lorsque 10 % des

femelles environ contiennent des œufs entièrement formés. On y procédera sans hésiter, même si la feuillaison n'est pas complète, puisque la persistance de l'émulsion assurera sans doute la destruction des insectes dont la maturation exige un séjour d'une dizaine de jours en lisière au cours duquel ils effectuent de continuels déplacements locaux. Il est malheureusement impossible d'influencer les conditions météorologiques : on tentera l'opération tant qu'elles ne s'avéreront pas absolument impraticables. L'emploi de l'avion permet particulièrement bien de mettre immédiatement à profit chaque instant favorable.

VIII. — Résumé

Le présent essai de lutte contre le Hanneton au cours de son activité nutriciale de maturation fut effectué aux lisières sud des bois de Rinting et d'Oberwald, près de Sarrebourg. Il s'agissait dans les deux cas de Hêtraies parsemées de Chênes.

1. Cadre écologique de l'essai.

La densité *des populations d'insectes parfaits dans les terrains avoisinants variait de 4,5 à 10 individus par m².*

La sortie *des Hannetons, contrôlée au moyen de quatre écrans d'une superficie totale de 24 m² eut lieu du 21 avril au 12 mai (21 jours), à raison de 4,7 insectes par m², parmi lesquels 34 % de ♂ et 66 % de ♀. La sortie ne s'effectua que par des températures méridiennes supérieures à 10-12° C.*

Le vol forestier *dura presque un mois (14 avril au 13 mai) avec une intensité importante les 17, 18, 21, 24 et 28 avril, ainsi que le 3 mai. Ce vol ne s'effectua que par des températures crépusculaires supérieures à 10° C. à 20 heures. Les deux sexes y participèrent; 90 % des femelles gagnant la lisière étaient encore immatures. On observa des vols forestiers diurnes lorsque la température crépusculaire de la veille n'avait pas atteint 10° C.*

La frondaison forestière, *celle des Hêtres en particulier, n'atteignit son plein développement que le 2 mai, soit relativement tard. Les Chênes et les Hêtres constituèrent les essences les plus envahies, alors que les Cerisiers sauvages restèrent peu attaqués et que les Frênes demeurèrent indemnes. Dans la zone soumise aux essais, seul un nombre négligeable d'individus accomplit sa maturation sexuelle sur les haies, formées en majeure partie de Prunelliers et d'Aubépines.*

Le groupement irrégulier des ravageurs en lisière fait l'objet

d'un examen détaillé fournissant une explication du phénomène.

Le vol de ponte *auquel ne prirent part exclusivement que des femelles en pleine maturité, débuta en fin d'avril, pour atteindre son maximum les 3 et 5 mai au soir. Le vol forestier commençait chaque soir 15-20 minutes avant le vol de ponte; le même intervalle séparait quotidiennement le moment des passages les plus fréquents dans chaque direction.*

Le vol crépusculaire se trouva progressivement retardé, d'avril à mai, au fur et à mesure de l'allongement des journées.

2. Essai de lutte

L'application fut effectuée au moyen d'un Piper Cub L 4 (vitesse de vol minimum : 90 km/h; charge utile : 90 kg). Le pulvérisateur utilisé consistait en une buse Venturi, du type décrit par Rice et al (22), *modifié pour la circonstance. La formation d'une nappe insecticide de 10 m de largeur assura la répartition la plus favorable du produit. Le choix de l'insecticide se porta sur un produit-D.D.T., l'émulsion de Gésarol 9255, à une dilution d'emploi de 15 % de substance active.*

La date du traitement fut fixé au 30 avril, sur la base des considérations biologiques, mais les conditions météorologiques défavorables nous contraignirent à la reporter aux 3 et 4 mai; plus de 40 % des femelles en lisière avaient atteint à ce moment la maturité sexuelle.

Le déroulement de l'opération ainsi que les remarques du pilote sont exposés en détail.

La densité du traitement comporta, 3,9 kg de matière active à l'ha. Le dépôt obtenu sur le feuillage s'avéra remarquablement résistant aux intempéries. La surface protégée s'étendit à 36 ha, soit à une bande de lisières longue de 10,3 km et large de 35 m, en moyenne, impliquant la dépense de 933 l de bouillie, soit 26 l/ha.

Le coût de l'opération s'éleva à fr s. 130 *par ha de forêt, soit fr. s. 455 par km courant de lisière traitée sur une profondeur moyenne de 35 m. Dans les conditions d'application favorables il suffirait de traiter une profondeur de 10 mètres environ de la lisière; ainsi le prix de revient du traitement du kilomètre de lisière est réduit à fr. s. 260.*

Efficacité de l'application. *Les Hannetons intoxiqués commencèrent à tomber des arbres dès la fin du traitement; l'orée des bois soumis à l'essai était pratiquement débarrassée de ravageurs après 2-3 jours, au contraire des zones témoins.*

La chute des insectes fut contrôlée sur 3 parcelles d'une superficie totale de 178 m². On recueillit en moyenne 79 Hannetons

par m², contre 0,26 seulement, dans les secteurs non protégés. L'application n'entraîna pas seulement la mort des individus présents lors du traitement, mais, grâce à la remarquable persistance du dépôt insecticide, assura également la destruction des Hannetons gagnant la forêt par la suite.

En ce qui concerne les populations subséquentes de Vers blancs, la densité de l'invasion variait entre 2,3 et 17,3 larves au m² dans les secteurs témoins, contre 0,6 et 2,3 seulement, dans la zone soumise à l'essai, si bien que l'opération de lutte provoqua, en moyenne, une réduction de 84 % dans le degré d'attaque.

Notre expérience a donc obtenu un succès satisfaisant, malgré la date retardée du traitement.

L'influence de l'application sur l'ensemble de la faune forestière et sur les Abeilles est étudiée en détail.

Le dernier chapitre fait état des conclusions à tirer de la réussite de l'entreprise, ainsi que de recommandations relatives à la pratique de la lutte contre le Hanneton en lisière des forêts.

(*Section biologique du département de lutte antiparasitaire des Laboratoires*, J.-R. Geigy, *S.A., Bâle.*)

Summary

This paper deals with a field-test in which it was attempted to control the *cockchafer* during its maturation feeding. The chosen area was the Southern border of the Rinting and Oberwald woods, near Sarrebourg (Alsatia, France). In both cases the woods consisted of beeches with a number of oak-trees.

1. *Ecological data*

The *density* of the cockchafer population (imagines) in the neighbouring ground varied from 4,50 to 10 insects per square metre.

The *emergence of the cockchafers* was checked with 4 screens measuring altogether 21 sq.m., between April 21st and May 12th (21 days). 4,7 insects were found per sq.m. and they were composed of 34% ♂♂ and 66% ♀♀. The beetles came out only when the mean temperature was superior to 10-12° C.

The *wood-flight* of the insects lasted nearly a month (14th April-13th May) with a maximum of intensity on April 17th, 18th, 21st, 24th and 28th as well as on May 3d. The flight could only be observed when the temperature at 8 p.m. on the preceding day was 10° C.

Both sexes took part in this flight, 90 % of the ♀ ♀ that reached the border of the forest, were still immature. Flights towards the wood during day-time were observed when the temperature on the preceding evening was below 10° C.

The trees of the wood — particularly the beeches — were covered with leaves as late as May 2nd. Oaks and beeches were attacked most, whereas the wild cherry-trees were little attacked and ash-trees were not attacked. In the area where the tests were carried out, only a very small number of insects reached their sexual maturity, on hedges consisting chiefly of sloe-bushes and hawthorn. The irregular distribution of the pests on the borders of wood is examined in detail and an explanation of this fact is attempted.

The *field-flight* began at the end of April and reached its maximum intensity on the 3d and 5th of May, during the evening; only completely mature ♀ ♀ joined that flight. At the beginning of May, the flight towards the fields occured as well during the day as during the evening. The field-flight began each evening 15 to 20 minutes before the wood-flight. The same interval of time separated the most frequent passages in each direction. The evening flights began progressively later as the days were getting longer from April to May.

2. *Technical data*

The insecticide was applied with a Piper Cub L 4 (minimum speed 90 km/h; usefuld load 90 kgrs). The spraying apparatus used was the Venturi nozzle after Rice *et al*, slightly modified and adapted to our needs. The most favourable distribution of the product was reached by the formation of a stripe 10 m broad.

As insecticide we used a D.D.T.-product, the Gesarol Emulsion 9255, diluted so as to contain 15 % of the active ingredient.

The treatment had been planned for April 30th because of the ecological data which we had gathered, but the meteorological conditions obliged us to postpone the operation until May 3d and 4th. Over 40 % of the ♀ ♀ on the forest borders had then reached the sexual maturity.

The operation and the observations of the pilot are given in detail.

After the treatment, 3,9 kgrs of the active ingredient were dispersed per hectare. The deposit obtained on the leaves prooved to be remarkably resistant to weather conditions.

The treated surface was 36 hectares, viz. a border band of 10,3 km in lenght having a mean depth of 35 m. 933 litres of spray were used, a quantity representing 26 litres per hectare.

The total costs of the treatment were 130 Swiss francs per hectare of forest or 455 Swiss francs per km of a forest border of 35 m depth. If the application is performed at the correct time, it should be sufficient to treat a stripe of 10 m depth. This beeing so, the costs would be 260 Swiss francs per km of forest border.

3. *Efficiency of the treatment*

Shortly after the treatment, the intoxicated cockchafer began to fall from the trees and 2 or 3 days after the treatment the border of the wood was practically free of beetles, contrarily to the untreated lots.

The falling of the beetles was checked on 3 lots which measured together 178 sq.m., 79 beetles were collected per sq.m. whileas only 0,26 were found per sq. m. on the untreated area.

The treatment did not only result in the death of those beetles which were present when the application was made, but thanks to the lasting effect of the insecticide, the cockchafers which reached the forest afterwards were also destroyed.

On the untreated areas the white grubs numbered from 2,3 to 17,3 per sq.m. In the treated areas these figures were 0,6 to 2,3. The treatment reduced the population of white grubs of 84 %. Our test was therefore successful in spite of the late treatment.

The influence of the treatment on the forest fauna as a whole and on bees was studied in detail.

The last chapter gives the conclusions that can be drawn from the successful test as well as recommandations on the practical control of cockchafers in forest borders.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Ballu (T.). — La lutte contre les hannetons (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 331-33, 1949).

(2) Bieri (W.). Kümmerformen von *Melolontha vulgaris* L. als Trockenheitsfolge (*Mitt. schweiz. entomol. Ges.*, 22, pp. 125-126, 1949).

(3) Blunck (H.). Der Stand der Maikäferfrage (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz*, 47, pp. 257-277, 1937).

(4) Blunck (H.). — Ueber die Ursachen des Massenwechsels von *Melolontha melolontha* L. (*VII. Int. Kongress f. Entomologie Berlin*, Sekt. 7a, pp. 2175-2189, 1938).

(5) Brandrup (G.). — Die Maikäferbekämpfung des Jahres 1932 im Nusswinkel (Westhavelland) (*Arb. Landwirtschaftskammer Prov. Brandenburg u. Berlin*, 84, p. 32, 1932).

(6) Cairaschi, Couturier, Harranger, Robert et Rolland. — Essais de lutte contre le hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) dans la haute vallée de la Saône au printemps 1949 (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35. pp. 537-541, 1949).

(7) Décoppet (M.). — Le hanneton. Biologie, apparition, destruction; un siècle de lutte organisé dans le canton de Zurich; Lausanne et Genève, 1920.

(8) Eckstein (K.). — Maikäferbekämpfung (*Forstl. Wochenschrift Silva*, 20, pp. 289-292, 1932).

(9) Frank (A.). — Der Maikäferflug 1939 in Bienwald. Bericht über die Messungen des Meteorologischen Institutes der Forstlichen Versuchsanstalt in München während des Maikäferfluges 1949 in Bienwald (*Forstwiss. Centralbl.*, 61, pp. 581-589, 1939).

(10) Häfliger (E.). — Der Einfluss der Temperatur auf die Giftwirkung des DDT bei Honigbienen (*Apis mellifica* L.) (*Experientia*, 4, p. 223, 1948).

(11) Gasser (R.). — Expériences sur la lutte contre les hannetons (*Melolontha melolontha* L.). 2e Congrès international de la Défense des végétaux. Londres, juillet 1949.

(12) Keller (H.). — Vorarbeiten zur Maikäferaktion 1949 (*Interner Bericht an die TKS*, N° 112).

(13) Mayer (K.). — Die Maikäferbekämpfung in Pommern im Jahre 1938 (*Z. f. Pfl. krankheiten und Pfl. schutz*, 50, pp. 494-500, 1940).

(14) Meunier (K.). — Experimentelles über den Schwärmtrieb und das periodische Auftreten verschiedener Aktivitätsformen beim Maikäfer (*Melolontha melolontha* L.) (*Z. angew. Ent.*, 14, pp. 91-139, 1928).

(15) Neu (W.). — Beiträge zur Biologie des Feldmaikäfers (*Melolontha melolontha* L.). I. Die Schwärmbahnen des Feldmaikäfers (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz*, 51, pp. 443-444, 1941; *u. Z. f. Morph. u. Oekol. d. Tiere*, 37, pp. 565-583, 1941).

(16) Neu (W.). — Der Maikäferflug an der Bergstrasse 1941 (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz*, 52, pp. 249, 1942).

(17) Régnier (R.). — Résultats de l'enquête et des récentes recherches sur les hannetons (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 27, pp. 235, 1941).

(18) Régnier (R.). — Les recherches sur les hannetons. Doit-on continuer à préconiser le hannetonnage? (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 32, pp. 799-804, 1946).

(19) Régnier (R.) et Joray (P.). — La lutte contre les vers blancs (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 528, 1949).

(20) Régnier (R.) et Arnoux (J.). — Recherches sur la biologie des vers blancs de première année (*Melolontha melolontha* L.). Etude des moyens de lutte (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 32, pp. 807-811, 1946).

(21) Régnier (R.) et Hurpin (B.). — Résultats des recherches de 1948 sur le hanneton commun (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 34, p. 1014, 1948).

(22) Rice (E.I.), Johnstone (H.F.) and Kearns (C.W.). — A simple Exhaust Aerosol or Spray Generator for dispersing Insecticide Solutions (*Journ. Ec. Ent.*, 39, pp. 652-658, 1946).

(23) Riggert (E.). — Beobachtungen und Untersuchungen über den Maikäferflug 1938 in Ostholstein (*Arb. Physiol. und angew. Entom.*, 6, pp. 367-378, 1939, u. 7, pp. 59-66, 1940).

(24) Rhumbler (L.). — Maikäferflüge in Münden (*Verh. dtsch. Ges. angew. Entomol.*, 30, 1926).

(25) Sachtleben (P.). — *Versuche zur Maikäferbekämpfung mit arsenhaltigen* Stäubemitteln (*Arb. Biol. Reichsanst. Dahlem*, 15, pp. 19-46, 1928).

(26) Schneider-Orelli (O.). — Die Maikäferflugjahre in der Schweiz nach dem Stande der Untersuchungen von 1948 (*Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau*, 58, pp. 105, 1949).

(27) Schneider-Orelli (O.) und Braun (W.). — Die Grenzverschiebungen zwischen Berner- und Urnerflugjahrsgebieten des Maikäfers in der Umgebung von Zürich (*Ber. schweiz. Bot. Ges.*, 53 a, p. 500, 1943).

(28) Steudel (W.). — Die Maikäferbekämpfung 1940 mit Dinitro-o-kresol im Nusswinkel bei Rathenow (*Arb. phys. angew. Entom.*, 8, pp. 1-26, 1941).

(29) Trouvelot (B.), Achard (J.) et Poutiers (R.). — « L'Opération hanneton » d'Etrépagny (Eure) (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 531-537, 1949).

(30) Trouvelot (B.), Raucourt (M.), Viel (G.) et Chevrel (J.). — Etude sur les traitements antiparasitaires agricoles par voie aérienne (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 121-122, 1949).

(31) Trouvelot (B.). — Observation. (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 334-335, 1949).

(32) Thielmann (K.). — Beiträge zur Maikäferbekämpfung im Walde unter besonderer Berücksichtigung des Bienwaldes (Pfalz) (*Forstwiss. Centralbl.*, 61, pp. 562-600, 1939).

(33) Thiem (H.). — Die Maikäferbekämpfung mit neuzeitlichen Insektengiften (*Nachrbl. dtsch. Pfl. schutz - Dienst*, 1, pp. 4-5, 1947).

(34) Viel (G.). — Etudes de laboratoire sur l'efficacité de substances chimiques envers les hannetons et leurs larves (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 32, pp. 804-807. 1946).

(35) Wiesmann (R.), Gasser (R.) und Grob (H.). — Versuch zur Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) durch Flugzeugbehandlung mit DDT-Stäubemittel (*Mitt. schweiz. Ent. Ges.*, 13, pp. 1-36, 1950).

(36) Wiesmann (R.) und Gasser (R.). — Fünf Jahre Erfahrungen in der Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) und Beobachtungen zu seiner Oekologie (*Z. f. Pfl. krankheiten und Pfl. schutz*, 1950).

RECHERCHES SUR LES ANTAGONISMES MICROBIENS ET SUR LES SUBSTANCES ANTIBIOTIQUES

ESSAIS D'APPLICATION DANS LA LUTTE CONTRE LES MALADIES DES PLANTES

PAR

H. Darpoux et A. Faivre-Amiot

De nombreux microorganismes sont antagonistes des agents phytopathogènes.

Dans le but d'étudier les antagonismes microbiens nous avons isolé du sol et de divers substrats, plusieurs milliers de souches microbiennes.

Pour sélectionner celles qui présentent une activité sur des agents phytopathogènes, diverses techniques furent utilisées. Nous décrivons brièvement les principales :

a) Sur les bactéries :

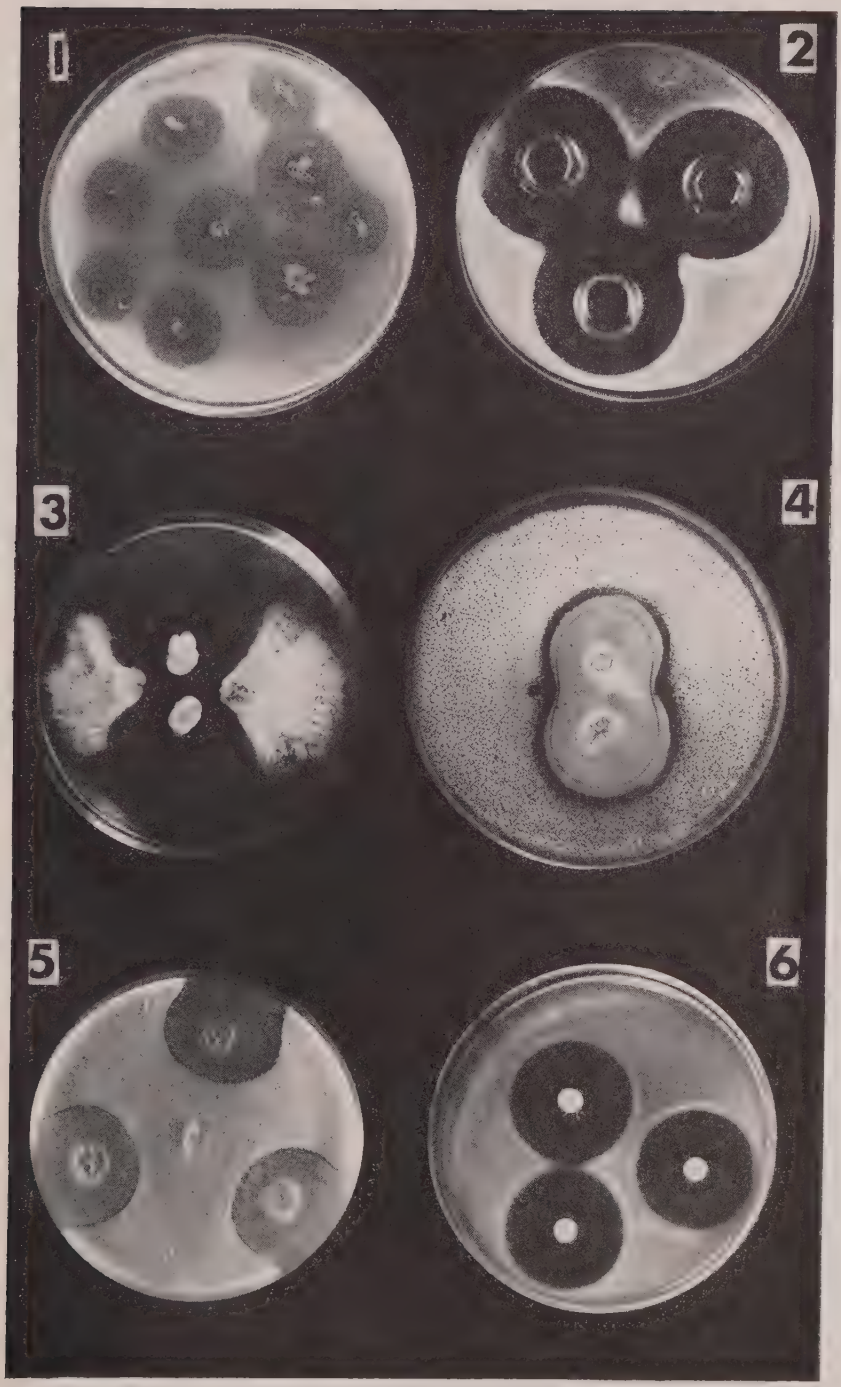
1. *Méthode sur milieu solide.* — Une suspension de bactéries introduite dans un tube stérile, contenant une gélose nutritive en surfusion à 48°, est coulée dans une boîte de Pétri stérile.

Légende de la planche I

Planche I. — *Recherches sur les antagonismes microbiens et sur les substances antibiotiques. Essais d'application dans la lutte contre les maladies des plantes.*

Fig. 1. — Action de l'Actinomycète 105 sur *Pseudomonas Tabaci* (zones de lyse au 6e jour de l'expérience) (original). — Fig. 2. — Action du jus brut d'un champignon sur *Pseudomonas Medicaginis* par la méthode des anneaux (original). — Fig. 3. — Méthode des 4 points en croix : action d'un Streptomyces (souche AD 1) sur *Endothia parasitica* (original). — Fig. 4. — Action d'une bactérie (MLS 18) sur *Sclerotium cepivorum* par la méthode des 4 points en croix (original). — Fig. 5. — Méthode originale du triangle équilatéral. Action de 3 Bactéries MLS 17, MLS 18, MLS 19 sur *Sclerotium cepivorum* (original). — Fig. 6. — Action d'une substance antibiotique extraite de la Bactérie RD 3 sur *Endothia parasitica* par la méthode des spores coulées avec la gélose (original).

Revue de Pathologie végétale
et d'Entomologie agricole de France
t. xxix - nos 1-2 - janv.-juin 1950


1
2
3
4
5
6

Puis, on ensemence en 4 ou 6 points l'organisme (Champignon, Bactérie, ou Actinomycète) dont on veut étudier les propriétés.

Les Bactéries incorporées à la gélose se développent rapidement et 24 à 48 heures plus tard, elles forment un voile à la surface du milieu, sauf, lorsque le résultat est positif, dans une zone plus ou moins étendue autour des colonies de l'antagoniste. La zone peut s'accroître les jours suivants s'il y a un phénomène de lyse (Pl. I, fig. 1).

Pour mieux mettre en évidence l'action bactériolytique, on introduit un fragment de gélose supportant l'antagoniste lorsque le voile bactérien est bien développé.

L'activité des jus est étudiée par la méthode des anneaux de Heatley (Pl. I, fig. 2) ou par la méthode de Vincent avec des rondelles de papier filtre ou par la méthode des trous dans la gélose.

2. *Méthode sur milieu liquide.* — On ensemence un bouillon nutritif avec la bactérie puis avec l'antagoniste (Champignon ou Actinomycète). Les jours suivants, on mesure la turbidité du milieu et, en la comparant à celle du témoin, on peut juger l'activité de l'organisme essayé. En introduisant ce dernier lorsque les bactéries sont déjà développées, on peut mettre en évidence les propriétés précipitantes ou lytiques.

Par cette méthode, on peut aussi étudier l'activité des filtrats de milieu culture de Champignons, Bactéries ou Actinomycètes.

Il peut y avoir avantage à remplacer les tubes droits par des tubes en U, chacune des deux branches étant ensemencée avec un organisme différent.

b) Sur les Champignons :

3. *Méthode en rond sur milieu solide.* — On ensemence l'organisme éventuellement antagoniste au centre de la boîte de Pétri et le champignon sur un cercle concentrique. Lorque la culture est développée, on mesure la zone d'inhibition.

4. *Méthode des 4 points en croix, sur milieu solide.* — Au milieu d'une boîte de Pétri, l'antagoniste et le champignon sont chacune ensemencés en 2 points situés aux extrémités d'une des diagonales d'un losange d'environ 2 cm de côté.

Le champignon a sa croissance inhibée, en direction de l'antagoniste et dans toute la zone où la substance active a diffusé, ce qui entraîne une asymétrie très nette de la culture (Pl. I, fig. 3 et 4).

Cette méthode présente l'avantage d'être très sensible.

5. *Méthode du triangle équilatéral.* — On ensemence les antagonistes éventuels aux 3 sommets d'un triangle équilatéral et le champignon au centre (Pl. I, fig. 5).

Cette méthode est rapide; elle peut permettre de juger en même temps et de comparer l'activité de 3 organismes différents.

6. *Méthode des spores coulées avec la gélose.* — La technique est la même que dans la méthode 1, mais les bactéries sont remplacées par les spores du champignon.

Cette méthode peut aussi être utilisée pour les Actinomycètes. Elle permet aussi d'étudier l'activité des jus et des filtrats par les mêmes techniques que celles décrites pour les bactéries (Pl. I, fig. 6).

7. *Méthode en milieu liquide.* — Elle peut surtout être employée pour l'étude des filtrats. On juge la croissance du mycélium.

Cependant on peut étudier les antagonismes champignon — champignon ou actinomycète — champignon en utilisant un tube en U et en mettant dans chacune des branches un des deux organismes.

8. *Méthode pour les parasites obligatoires.* — L'action sur les Peronosporacées, les Uredinées et les Erysiphacées qui ne se cultivent pas *in vitro*, a été étudiée en serre sur des jeunes plantes.

D'autre part, nous avons utilisé la technique des cultures sur lame pour suivre avec précision, au cours des phénomènes d'antagonisme, les modifications du mycélium, l'action sur la germination des spores et la lyse bactérienne.

La mise en évidence des propriétés antagonistes dépend des organismes en présence et du choix de la technique.

Lorsque chacun des deux organismes en présence sécrètent une substance antibiotique, l'un ou l'autre de ces organismes montrera une action antagoniste vis-à-vis de son conjoint suivant la méthode utilisée. Ainsi, l'*Endothia parasitica* est actif sur le *Bacillus alvei* dans la méthode 1, alors que le *Bacillus alvei* inhibe le développement de l'*Endothia parasitica* dans la méthode 4.

Résultats

Nous avons retenu 256 souches qui sécrètent des substances antibiotiques, c'est-à-dire des substances ayant des propriétés bactériotatiques, bactéricides, bactériolytiques, fongistatiques ou fongicides, sur de nombreux parasites des plantes, des animaux et de l'homme.

Ces souches comprennent :

1° 60 souches ou espèces de Bactéries parmi lesquelles *Bacillus alvei, Bacillus subtilis, Pseudomonas Phaseoli, Pseudomonas Medicaginis* et d'autres isolées du sol ou de débris végétaux.

2° 90 souches ou espèces d'Actinomycètes, la plupart isolées du sol et de déchets de plantes et comprenant en outre 2 souches de *Streptomyces griseus*.

3° 106 souches ou espèces de champignons :

- Phycomycètes : *Pythium vexans* (Pythiacées).
- Basidiomycètes : *Graphiola Phœnicis* (Graphiolacées); *Stereum purpureum* (Téléphoracées); *Trametes cinnabarina* (Polyporacées); *Armillariella mellea; Schizophyllum commune* (Agricacées); *Sphærobolus stellatus* (Nidulariacées).
- Ascomycètes : 3 souches de *Sclerotinia fructigena*, 4 souches de *S. cinerea, S. pseudotuberosa, S. libertiana, S. minor* (Hélotiacées); *Coccomyces hiemalis* (Phaciliacées); *Cordiceps sphingum, Hypomyces rosellus* (Hypocréacées); *Endothia parasitica* (Valsacées); *Xylaria mali* (Xylariacées).
- Deuteromycètes : *Cytospora sp.* isolé du Charme, *Acochyta Pisi, Botryodiplodia Theobromae, Plectosira sp.* (Phomacées); *Coryneum sp.* (Melanconiacées); *Aspergillus fumigatus, A. flavus*, 9 *Aspergillus* non déterminés, 2 souches de *Sterigmatocystis nigra, Penicillium expansum, P. claviforme, P. patulum, P. chrysogenum, P. italicum*, 26 *Penicillium* non déterminés, 2 *Botrytis* non déterminés, *Trichoderma lignorum, T. viride*, 7 *Trichoderma* non déterminés, *Acrostalagmus cinnabarinus*, 3 souches de *Trichothecium roseum; Verticillium sp.* (Moniliacées); *Alternaria Solani* (Dematiacées); *Isaria felina, I. arachnioïdes* (Stilbacées); une souche de *Fusarium oxysporum* var. *albedinis*, 5 *Fusarium* non déterminées (Tuberculariacées); 12 champignons non déterminés.

Les microorganismes qui se sont montrés particulièrement sensibles à l'une ou l'autre de ces souches sont :

1° Bactéries :

— *a*) Phytopathogènes : *Agrobacterium tumefaciens, Erwinia carotovora, E. tracheiphila, E. aroïdeae, Pseudomonas Medicaginis, Ps. Mori, Ps. malvacearum, Ps. tabaci, Xanthomonas campestre, X. Phaseoli.*

— *b*) non phytopathogènes : *Bacillus alvei, B. subtilis, Escherichia coli, Rhizobium japonicum, Staphylococcus aureus, Streptococcus hemolyticus, Mycobacterium tuberculosis.*

2° Actinomycètes :

- *Streptomyces griseus* et divers espèces indéterminées.

3° Champignons phytopathogènes :

— *Pythium de Baryanum, Pythium vexans, Pythium sp.* isolé du Melon, *Pythium sp.* isolé d'une Fougère, *Phytophthora*

cambivora (Pythiacées); *Ustilago Maydis, Ustilago Tritici, Ustilago Tragopogonis* (Ustilaginacées); *Stereum purpureum, Stereum hirsutum, Corticium Rolfsii, Corticium vagum* (Téléphoracées); *Podosphæra leucotricha, Erysiphe graminis* (Erysiphacées); *Sclerotinia cinerea, S. fructigena, S. Gladioli, S. libertiana, S. minor, S. pseudotuberosa* (Hélotiacées); *Ceratostomella Ulmi, C. paradoxa, Pyrenophora calvescens, Glomerella cingulata* (Sphériacées); *Endothia parasitica,* (Valsacées); *Macrophoma Phaseoli, Ascochyta Pisi,* (Phomacées); *Glœsporium Musarum, Pestalozzia sp.* isolé du Cerisier (Melanconiacées); *Penicillium digitatum, Botrytis Allii, B. Tulipæ, Botrytis sp.,* diverses espèces isolées du Tournesol, *du Crambe,* etc... *Trichothecium roseum* (Moniliacées); *Cladosporium carpophilum, Alternaria Brassicæ, A. oleracea, A. Solani, Stemphylium sarciniforme* (Dématicacées); *Fusarium cœruleum, F. oxysporum* var. *albedinis, Fusarium sp.,* isolé du Melon, (Tuberculariacées); *Sclerotium cepivorum* (Champignon stérile).

L'action détaillée de chacune de nos souches sur ces organismes fera l'objet de prochaines notes.

Essais d'application des propriétés antagonistes et des substances antibiotiques dans la lutte contre les maladies des plantes

Première expérience. – Des graines de Tournesol décortiquées puis désinfectées par la chaleur, ont été mises à germer sur du coton humide dans des flacons d'Erlenmeyer. Dans chacun des flacons, nous avons déposé un fragment de gélose d'une culture de *Sclerotinia libertiana,* puis dans la moitié des flacons, nous avons versé quelques centimètres cubes du liquide non filtré du milieu de culture de l'Actinomycète 105, tandis que les autres flacons servaient de témoins. Toutes les plantules des flacons témoins furent envahies et tuées par le Champignon, huit jours plus tard. Par contre, il ne s'est produit aucune attaque dans les flacons ayant reçu le jus de culture de l'actinomycète (Pl. II, fig. 7).

L'expérience a été répétée plusieurs fois dans 40 flacons d'Erlenmeyer.

D'autres souches, en particulier la Bactérie BD 1, ont donné des résultats comparables.

Deuxième expérience. — De la terre infectée naturellement par des organismes provoquant des flétrissements du Melon, mise en pots, a été arrosée avec du liquide non filtré du milieu de

culture de l'Actinomycète 105, puis ensemencée par des graines de Melon. Les plantules issues de ces graines n'ont pas été attaquées par les agents phytopathogènes, tandis que, sur de la terre non traitée, la plupart des plantules furent atteintes de flétrissement le vingtième jour.

Troisième expérience. — Des graines de Tabac, inoculées par le *Pseudomonas tabaci,* ont été semées en pot sur de la terre stérilisée, un premier lot directement, un second lot après avoir trempé plusieurs heures dans le liquide non filtré du milieu de culture de l'Actinomycète 105. Dans le premier lot, toutes les plantules furent atteintes par la « Fonte des Semis » et disparurent trois semaines après la levée. Dans le lot traité, au contraire, les plantules furent indemnes et évoluèrent normalement par la suite (Pl. II, fig. 8).

Quatrième expérience. — Après avoir pulvérisé sur une plante de Tomate une culture de la bactérie n° BD 1, en milieu liquide, on a essayé d'inoculer cette plante, ainsi qu'une plante témoin, avec une suspension de spores d'*Alternaria Solani*. Quatre jours plus tard, on a observé 145 taches sur le témoin, tandis que sur la plante traitée par la culture bactérienne aucun des symptômes de la maladie n'est apparu.

Cinquième expérience. — En serre, des plantules d'Orge, envahies depuis trois jours par l'*Erysiphe graminis*, ont été traitées par pulvérisation du liquide de culture non filtré de divers microorganismes.

Sur les plantes traitées par le jus brut de culture du Champignon N° ML 1050, le mycelium et les oïdies du parasite avaient disparu le lendemain, et, par la suite, aucune nouvelle attaque ne s'est produite pendant une période de 10 à 15 jours.

Le même jus brut, dilué à 2 %, a eu aussi une action nette.

En comparaison, le Soufre utilisé en poudrage, a donné des résultats bien inférieurs.

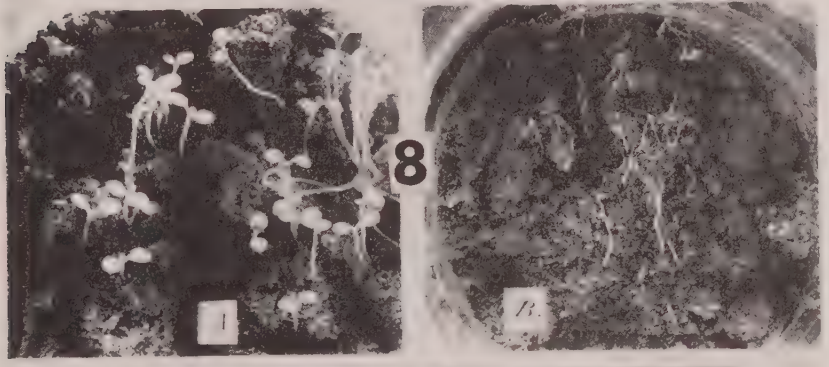
Légende de la planche II

Fig. 7. — Action de l'Actinomycète 105 sur l'attaque du *Sclerotinia liberliana* vis-à-vis de jeunes plantules de Tournesol (*Hélianthus annuus*) (cliché original). — *A gauche*, 2 flacons d'Erlenmeyer dans lesquels l'Actinomycète a inhibé le *Sclerotinia*. — *A droite*, 2 flacons témoins dans lesquels l'Actinomycète n'a pas été introduit.

Fig. 8. — *A*. Plantules issues de graines infectées par le *Pseudomonas Tabaci* puis trempées dans le liquide de culture d'un *Actinomycète*. — *B*. Plantules témoins issues de graines infectées par *Pseudomonas Tabaci* (cl. original).

Fig. 9. — Action curative et préventive du jus de culture d'un champignon ML 1050 sur l'Oïdium de l'Orge (*Erysiphe Graminis*) (cl. original). — *A*. Jus brut dilué à 2 %. — *B*. Jus brut. — *C*. Témoin traité du permanganate de potassium. — *D*. Témoin non traité.

7


8
A
B

9
A
B
C
D

D'autre part, une solution de permanganate de potassium à 1,5 % n'a eu qu'une action très fugace, de 24 heures environ, et par la suite, les plantules traitées par ce produit, ont été recouvertes par le parasite et se sont couchées comme les plantules témoins (Pl. II, fig. 9).

Le jus brut d'une culture du *Streptomyces griseus* s'est montré actif sur l'Oïdium, mais a causé des brûlures graves aux feuilles de l'Orge.

La Streptomycine n'a pas eu d'action à 5.000 U par cm³ et à partir de 10.000 U elle est phytocide.

L'Actinomycète N° MLA 208 a eu une action comparable à celle du *Streptomyces griseus*.

Sixième expérience. — Des pulvérisations de jus bruts de cultures de divers microorganismes sur des pousses de Pommier attaquées par le *Podosphæra leucotricha*, ont permis d'éliminer le champignon parasite. Les meilleurs résultats furent obtenus avec un *Trichoderma*.

De nombreuses souches, actives sur le parasite, ont eu une action phytocide grave. C'est le cas notamment du *Streptomyces griseus*, et de l'Actinomycète N° MLA 208, qui ont déterminé des brûlures ayant entraîné le dessèchement du feuillage traité.

Septième expérience. — Sur des tumeurs de la Tomate causées par l'*Agrobacterium tumefaciens*, âgées de 3 semaines et mesurant environ 1 cm de diamètre, on a appliqué du coton imbibé du jus brut de culture de divers microorganismes. Ce coton, protégé par de la cellophane, est resté 5 à 6 jours en contact de la tumeur. Dans ces conditions, les tumeurs traitées par le jus de culture du *Penicillium* CD 2 ont été complétement nécrosées sans que le tissu sain de la plante ait eu à en souffrir.

Discussion

Les expériences 1 et 2 montrent que les antagonismes microbiens peuvent permettre de diminuer la virulence et même d'éliminer les agents phytopathogènes qui se conservent dans le sol.

D'autres auteurs ont d'ailleurs aussi obtenus des résultats encourageants dans cette voie.

Allen et Haenseler (1) ont considérablement réduit les « fontes de semis » du Concombre causées par un *Rhizoctonia* et par un *Pythium* en ensemençant le sol avec un *Trichoderma*.

Van Luijk (18) a diminué les attaques de divers *Pithium* en utilisant soit le *Pullularia pullulans*, soit le *Penicillium expansum*.

En Hollande, Van Koot (17) a mis au point une méthode de lutte contre les fusarioses du Melon et du Concombre qui peuvent être provoquées par *Fusarium angustum, F. orthoceras* et *F. martii*. Le sol est stérilisé par la chaleur, puis infecté par *Fusarium Solani*, qui se développe rapidement et rend impossible toute contamination ultérieure par un *Fusarium* pathogène pour la culture considérée.

L'apport de souches antagonistes, donne surtout de bons résultats dans les sols désinfectés au préalable par la chaleur. En effet, si de tels sols se réinfectent avec des organismes phytopathogènes, ceux-ci ne rencontrant aucune concurrence, vont pulluler. Il semble donc intéressant, en Horticulture, de réinoculer un sol partiellement stérilisé, avec un mélange de microorganismes saprophytes judicieusement sélectionnés pour leurs propriétés antagonistes avant de l'utiliser comme terrain de semis.

Les sols naturels renferment de nombreux organismes antagonistes des agents phytopathogènes.

On a constaté que la pourriture des racines de Blé était moins sévère dans un sol laissé en jachère l'année précédente, que dans un sol cultivé en Blé depuis plusieurs années. On pense que ceci est dû à l'action de microorganismes saprophytes du sol qui sont avantagés dans les jachères par rapport aux agents pathogènes.

On a montré, par ailleurs, que des Actinomycètes variés étaient, dans le sol, des antagonistes d'espèces de *Pythium*, parasites de la Canne à sucre. D'autre part, la virulence d'*Ophiobolus graminis* est diminuée par de nombreux champignons et bactéries; celle d'*Helminthosporium sativum* par des espèces des genres *Penicillium, Absidia, Trichoderma*, celle du *Phymatotrichum omnivorum* par certains champignons et bactéries, et en particulier par le *Trichoderma lignorum*.

On peut, par l'apport de certains éléments fertilisants, favoriser les organismes saprophytes antagonistes et de cette façon, agir sur les agents phytopathogènes.

C'est ainsi que, d'après Mitchell, Adams et Thom (13), l'apport de matières organiques dans certains sols neutres ou alcalins des Etats-Unis, où le Cotonnier est cultivé depuis longtemps, a permis au *Trichoderma* et à d'autres antagonistes de se développer, diminuant ainsi les attaques du *Phymatotrichum omnivorum*.

De même Sanford (15) a pu réduire les attaques du *Rhizoctonia Solani*, par l'incorporation au sol de nitrate, ou de farine de Maïs.

Le traitement des semences avec le liquide de culture de certains microorganismes peut aussi prévenir des maladies de plantes comme le montre l'expérience 3.

Des résultats encourageants par la bactérisation des semences

ont aussi été obtenus par d'autres auteurs. Novogrudski et ses collaborateurs (14) ont considérablement diminué les attaques d'espèces de *Fusarium* et de *Colletotrichum* sur les plantules de Lin, en traitant les graines par diverses bactéries du sol. D'autre part Goodman et Henry (10) ont protégé des plantules d'Orge du *Xanthomonas translucens* en trempant les graines dans une solution de subtiline à 1/1.000.

Dans l'expérience n° 4, il a été possible de prévenir l'attaque d'un parasite par des pulvérisations d'une culture bactérienne sur les organes aériens d'une plante.

De même, Van Der Laan (16) a obtenu de bons résultats contre le *Cercospora Nicotianae* en pulvérisant sur les feuilles de Tabac un solution de gliotoxine (substance secrétée par le *Trichoderma viride*).

En serre, Leben et Keitt (12) ont prévenu les attaques de *Venturia inæqualis*, en pulvérisant, sur de jeunes Pommiers, une substance produite par un *Streptomyces*.

Dans les expériences n°s 5 et 6, par pulvérisations sur les organes aériens, le liquide de culture de plusieurs microorganismes a eu une action curative et préventive sur l'Oïdium de l'Orge ou sur l'Oïdium du Pommier. Le liquide de culture du champignon n° ML 1050 est particulièrement actif puisque, même dilué à 2 %, il a guéri et protégé des plantules d'Orge en serre dans un milieu particulièrement favorable à l'*Erysiphe graminis*. Dans les mêmes conditions, le permanganate de potassium et le Soufre, n'ont eu qu'une action très médiocre.

On peut donc espérer extraire de cette culture une substance particulièrement intéressante. Les travaux de purification sont actuellement en cours.

Le jus brut d'une culture du *Streptomyces griseus* a une action phytocide sur l'Orge. Mais on sait que Felber et Hamner (9) auraient obtenu de bons résultats contre un autre Oïdium, celui du Haricot, avec l'Actidione, isolée d'une culture de *S. griseus*.

Par traitements internes, Brown et Heep (3), en trempant pendant 24 heures, dans une solution de streptomycine, des rameaux de Prunier infectés par le *Xanthomonas Pruni*, ont pu éliminer la bactérie.

Brown et Boyle (2), puis Hampton (11) ont traité des tumeurs causées par l'*Agrobacterium tumefaciens* par la streptomycine ou par la pénicilline, en appliquant des tampons de coton trempés dans la substance, ou encore par injection.

Dans l'expérience 7, nous avons obtenu des résultats très encourageants avec le jus brut du *Penicillium* CD 2 sur des tumeurs de la Tomate.

Conclusions

Les premiers travaux effectués ont montré qu'il était vraisemblablement possible de trouver des organismes antagonistes de tous les agents phytopathogènes.

On peut espérer mettre au point de nouvelles méthodes de lutte contre les maladies des plantes soit en utilisant ces antagonistes eux-mêmes, soit à l'aide des substances antibiotiques qu'ils secrètent.

Pour combattre les parasites qui se conservent dans le sol, on pourra apporter des organismes saprophytes sélectionnés pour leurs propriétés antagonistes. Mais comme il est difficile de modifier l'équilibre biologique d'un sol, il faudra favoriser ces organismes par certains éléments nutritifs ou susceptibles de modifier le pH. En Horticulture, par contre, après une désinfection par la chaleur, ces organismes antagonistes pourront s'implanter facilement.

Pour désinfecter les semences, on pourra utiliser les substances antibiotiques comme des fongicides. On pourra aussi « bactériser » les graines ou les poudres par des spores de champignons antagonistes; dans ce cas l'action sera prolongée si l'organisme s'implante dans le sol autour de la graine.

En traitements sur les organes aériens, les substances antibiotiques peuvent avoir une action préventive ou curative. Il n'est pas impossible que certaines puissent pénétrer par le feuillage dans les tissus internes, provoquant ainsi une immunisation de la plante.

De même par injection, on pourra vraisemblablement lutter contre les parasites qui vivent dans le système vasculaire de l'hôte.

Les substances antibiotiques ou les organismes antagonistes pourront permettre sans doute de guérir les chancres, les tumeurs, ainsi que les pourridiés.

Par ailleurs, l'étude de la composition chimique de ces substances, en permettant de connaître les groupements actifs contre un parasite donné, sera à la base de la synthèse de fongicides nouveaux pouvant bouleverser la pharmacopée actuelle.

(*Institut national de la Recherche agronomique, Station Centrale de Pathologie végétale.*)

BIBLIOGRAPHIE

(1) Allen (M. C.), Haenseler (C. M.). — Antagonistic action of Trichoderma on Rhizoctonia and other soil fungi (*Phytopathology*, 25, pp. 244-252, 1935).

(2) Brown (J. G.), Boyle (A. M.). — Application of penicillin to crown gall (*Phytopathology*, 35, pp. 521-524, 1945).

(3) Brown (J. G.), Heep (D. M.). — Effect of streptomycin on budwood infected with *Phytomonas pruni* (*Science*, 104, N° 2.696, p. 208, 1946).

(4) Darroux (H.), Faivre-Amiot (A.). — Sur un Actinomycète doué de propriétés bactériologiques remarquables (*C. R. Acad. Sci.*, 226, pp. 1.046-1.048, 1948).

(5) Darpoux (H.), Faivre-Amiot (A.). — Action antagoniste de l'Actinomycète 105 sur quelques microorganismes pour la plupart phytopathogènes. Essais d'application dans la lutte contre les maladies des plantes (*C. R. Soc. Biol.*, Séance du 4 novembre 1948, *Annales de l'Institut Pasteur*, 76, pp. 72-74, 1949).

(6) Darpoux (H.), Faivre-Amiot (A.). — Action antagoniste de divers microorganismes sur les agents pathogènes (*C. R. Acad. d'Agric.*, 35, pp. 266, 1949).

(7) Darpoux (H.), Faivre-Amiot (A.). — Antagonistes microbiens et substances antibiotiques dans la lutte contre les maladies des plantes (*C. R. du Congrès pour l'avancement des Sciences*, Clermont-Ferrand, 15-21 juillet 1949).

(8) Darpoux (H.), Faivre-Amiot (A.). — Antagonismes microbiens et substances antibiotiques dans la lutte contre les maladies des plantes (*2nd International Congress of crop protection*, London, 20th-30th July 1949).

(9) Felber (I. M.), Hamner (C. L.). — Control of mildew on bean plants by means of an antibiotic (*Mich. Agr. Exp. Sta.*, N° 975, 1948).

(10) Goodman (J. J.), Henry (A. W.). — Action of subtilin in reducing infection by a seed born pathogen (*Science*, 105, pp. 320-321, 1947).

(11) Hampton (J. E.). — Cure of crown gall with antibiotics (*Phytopathology*, 38, pp. 11-12, 1948).

(12) Leben (C.), Keitt (G. W.). — Greenhouse tests of an antibiotic substance as a protectant spray (*Phytopathology*, 38, p. 16, 1948).

(13) Mitchell (R. B.), Adams (J. E.), Thom (C.). — Microbial responses to organic amendements in Huston blac clay (*J. Agric. Research*, 63, pp. 527-534, 1941).

(14) Novogrudski (D.), Berezova (E.), Nakhimovskaya (M.), Perviakova (M.). — The influence of bacterization of Flax seed on the susceptibility of seedlings to infection with parasitic fungi (*C. R. Acad. Sci.*, U.R.S.S., N.S., 14, pp. 385-388, 1937).

(15) Sansford (G. B.). — Effect of various soil supplements on the virulence and persistence of *Rhizoctonia solani* (*Sci. Agric.*, 27, pp. 533-544, 1947).

(16) Van der Laan (Dr P. A.). — Antibiotiques actifs contre le *Cercospora nicotianae* du Tabac (*Tijschr. over Plantenziekten*, p. 180, nov.-déc. 1947).

(17) Van Koot (I. J.). — De Fusariumziekte van Konkommer en meloen (*Meded. van de Tuinbouwvorlichtingdienst*, N° 42, 1944).

(18) Van Luijk (A.). — Antagonism between various microorganisms and different species of the genus Pythium, parasitizing upon Grasses and Luzerne (*Meded. Phytopath. Lab. Scholten*, 14, pp. 43-82, 1938).

BIBLIOGRAPHIE

VIENNOT-BOURGIN (G.). — Les Champignons parasites des plantes cultivées. Préface de Roger HEIM. 2 vol., 1.851 p., 720 fig., *Paris, 1949, Libr. Masson et Cie* (6.000 fr.).

Les traités de Pathologie végétale en langue française ou bien sont déjà anciens et épuisés, ou bien sont des manuels plus ou moins étendus destinés à l'enseignement dans les écoles d'Agriculture ou à l'usage des agriculteurs. Le dernier traité important, celui de M. et Mme ARNAUD, est malheureusement resté inachevé et d'ailleurs épuisé. C'est dire que l'important ouvrage que M. VIENNOT-BOURGIN vient de terminer paraît à son heure pour combler une lacune regrettable, et la combler de la façon la plus heureuse.

Certes, il ne s'agit pas d'un traité complet de Pathologie végétale, puisque, comme son titre lui-même l'indique, il ne s'occupe que des maladies cryptogamiques; mais c'est là déjà un sujet suffisamment vaste pour justifier un ouvrage spécial.

La Pathologie végétale est une Science complexe qui exige d'une part la connaissance approfondie de l'anatomie et de la structure tant de la plante malade que du parasite qui l'attaque, d'autre part la connaissance de la Biologie de ce dernier, notamment des conditions nécessaires à son développement et à l'infection du végétal parasité. Ce n'est de la comparaison des résultats de ces diverses études qu'on peut déduire un traitement rationnel et déterminer les époques précises auxquelles doivent être exécutés ces traitements. Ces diverses questions sont exposées de façon complète et très claire, au moins pour les maladies d'importance économique qui, naturellement, ont été le plus étudiées à ce point de vue.

Mais la base même de la Pathologie végétale est la connaissance des champignons et de leur systématique. N'est-il pas indispensable de savoir exactement en présence de quel parasite on se trouve et de pouvoir lui donner une identité précise. A ce point de vue l'ouvrage de M. VIENNOT-BOURGIN sera accueilli avec reconnaissance par les Mycologues qui y trouveront un exposé très complet de nos connaissances sur les Champignons parasites des plantes; on peut même dire qu'il s'agit d'un véritable traité de Mycologie et à ce point de vue l'auteur a été servi par ses travaux antérieurs. S'il insiste, comme il est naturel, sur les espèces s'attaquant à nos plantes cultivées, le lecteur trouvera des notions précises sur les Champignons, leur structure, leur classification et leurs principaux types, et cela non seulement pour les Champignons supérieurs, mais aussi pour les Champignons dits inférieurs. On sait que, sauf de bien rares exceptions, la littérature publiée en France est très pauvre en ouvrages sur ces derniers, tels que les Péronosporacées, les Basidiomycètes inférieurs (Ustilaginées et Urédinées) et surtout sur les Ascomycètes et les Adélomycètes. Aussi l'œuvre de M. VIENNOT-BOURGIN s'adresse-t-elle non seulement aux Agronomes qui en tireront profit dans la lutte contre les maladies, mais aussi aux Mycologues auxquelles elle servira de guide dans l'étude des Champignons microscopiques.

L'ordre adopté est celui de la classification des Champignons; ainsi sont successivement étudiées les maladies dues aux Myxomycètes, aux Archimycètes (Olpidiales et Chytridiales), aux Siphomycetes (plus spécialement Péronosporales), au grand groupe des Eumycètes (Ascomycètes et Basidiomycètes) et enfin aux formes à reproduction sexuée inconnue (Adélomycètes). Toutes les espèces présentant un intérêt économique sont étudiées avec détail et non seulement celles parasites des plantes cultivées en France, mais aussi celles qui s'attaquent aux végétaux utiles des régions chaudes. Cette adjonction de Pathologie tropicale étend de façon heureuse l'ouvrage à un domaine dans lequel nous n'avions aucun traité à jour des dernières acquisitions de la Science.

Ajoutons que l'ouvrage est fort bien présenté par l'éditeur et que l'illustration y a été particulièrement soignée; 720 figures sont intercalées dans le texte; les unes reproduisent de bonnes photographies montrant notamment les caractères extérieurs des maladies dont elles facilitent grandement la reconnaissance, les autres sont des dessins microscopiques, originaux sauf de très rares exceptions, et exécuté par l'auteur lui-même avec le souci d'exactitude et de vérité auquel ses publications antérieures nous avait habitué.

Outre les tables, un très important index bibliographique (175 pages) termine l'ouvrage et rendra des services précieux à tous ceux qui voudront approfondir une question en remontant aux sources.

Cette courte analyse ne peut donner qu'une idée bien imparfaite d'un ouvrage qui, il est vrai, se prête mal à l'analyse et sera, nous en sommes persuadé, accueilli avec la faveur qu'il mérite aussi bien dans le monde agricole que dans les milieux mycologiques.

A. M.

CHAUVIN (Rémy). — Physiologie de l'Insecte. *Editions de l'Institut National de la Recherche agronomique, Paris, 1949.* (2.500 fr.)

Le livre de CHAUVIN vient combler une lacune. Le remarquable traité de WIGGLESWORTH, qui était l'ouvrage de base sur la physiologie des insectes et auquel se référaient les chercheurs et les étudiants, date de dix ans déjà; c'est dire qu'il est périmé. La *Physiologie de l'Insecte* constitue non seulement une excellente mise au point en langue française, très claire et très précise, des données classiques, mais surtout il a le mérite d'exposer les plus récentes acquisitions de l'entomologie, plus particulièrement en ce qui concerne les hormones, la nutrition et le comportement de l'insecte dont l'auteur est un spécialiste. Il a consacré à ces questions un grand nombre de pages, traitées avec un soin tout particulier. C'est ainsi que l'on trouvera un exposé très complet des recherches de VON FRISCH et de son école sur la Physiologie sexuelle, recherches qui sont beaucoup moins connues que les autres travaux du même auteur sur le langage des abeilles.

Un autre chapitre rassemble les données que l'auteur groupe sous le nom d'écophysiologie, et qui ont trait à l'influence du milieu sur le développement de l'insecte; non seulement les physiologistes, mais également les écologistes y trouveront réunies toutes les données qui étaient éparses dans des monographies déjà anciennes, souvent introuvables ou insuffisantes.

Enfin, chaque chapitre est suivi d'une abondante bibliographie, qui fait de ce livre un instrument de travail extrêmement précieux, indispensable à tous ceux qui s'intéressent aux Insectes.

J. D'AG.

BALACHOWSKY (A.). — Faune de France. Vol. 50 : **Coléoptères-Scolytides.** 1 vol. in-8°, 320 p., 345 fig. *P. Lechevalier,* édit., Paris, 1949. (2.000 fr.)

Il est sans doute inutile d'insister ici sur l'importance économique considérable des Coléoptères-*Scolytoidea.* Ces ennemis les plus dangereux des forêts dans les régions tempérées ont fait l'objet de nombreux travaux à l'étranger; par contre, leur étude systématique et biologique avait été jusqu'ici presque totalement négligée en France.

Cette lacune est aujourd'hui comblée, grâce à l'œuvre de BALACHOWSKY, qui a consacré de nombreuses années à l'étude des Scolytides.

Le volume publié dans la *Faune de France* correspond à l'esprit de cette collection; c'est donc essentiellement un ouvrage de détermination, où se trouvent surtout développées les questions systématiques et faunistiques; il n'est que la première partie d'une œuvre importante, qui sera prochainement complétée par une seconde partie consacrée à la *Biologie des Scolytoidea.*

Cependant, les généralités par lesquelles commencent l'ouvrage, constituent déjà une remarquable mise au point, où sont rassemblées de façon concise de nombreuses données sur la morphologie, l'anatomie et la biologie des *Scolytoidea.*

Après avoir exposé les caractères généraux des différents stades, notamment des larves (qui ne diffèrent de celles des *Curculionidae* par aucun caractère fondamental), l'auteur consacre une trentaine de pages à la biologie si intéressante et si variée des Scolytides; il y insiste notamment sur les galeries, où vivent ces insectes, et dont la forme est souvent caractéristique d'une espèce donnée.

Un autre chapitre important traite des plantes-hôtes, dont on trouvera en fin de volume la liste détaillée avec la mention des différentes espèces de Scolytes qui les attaquent.

La biogéographie des Scolytides de la faune française, la citation de leurs nombreux parasites, prédateurs ou commensaux, et enfin leur importance économique avec les caractères de leurs dégâts terminent ces généralités, que complètent des indications sur la récolte, l'élevage et la mise en collection des Scolytides.

La majeure partie de l'ouvrage est consacré à l'étude systématique et faunistique détaillée. Basée dans ses grandes lignes sur la classification établie par SCHELD en 1939, cette partie rassemble de nombreux tableaux de détermination diagnoses qui échappent à une analyse sommaire. Disons seulement que BALACHOWSKY n'a ménagé aucun effort pour faire une œuvre immédiatement utile, et pour rendre les déterminations aisées; il a évité le recours aux dissections ou préparations délicates; ses clefs de déterminations sont précises et accompagnées de dessins clairs de Gérard LANGLOIS.

Pour chaque espèce, la diagnose est accompagnée de nombreuses indications sur la répartiton, la forme des galeries et les grandes lignes de la biologie.

Une abondante bibliographie, comprenant près de 450 titres, termine cet ouvrage fondamental, qui s'avère comme indispensable au Forestier aussi bien qu'à l'Entomologiste.

J. C.

ETS BUSSON, impr., Paris (N° 919) *Le Gérant :* LE FRANÇOIS
LE FRANÇOIS, Paris (C.O.L. 15-0217) — Dépôt légal : 1950/3e; N° 91